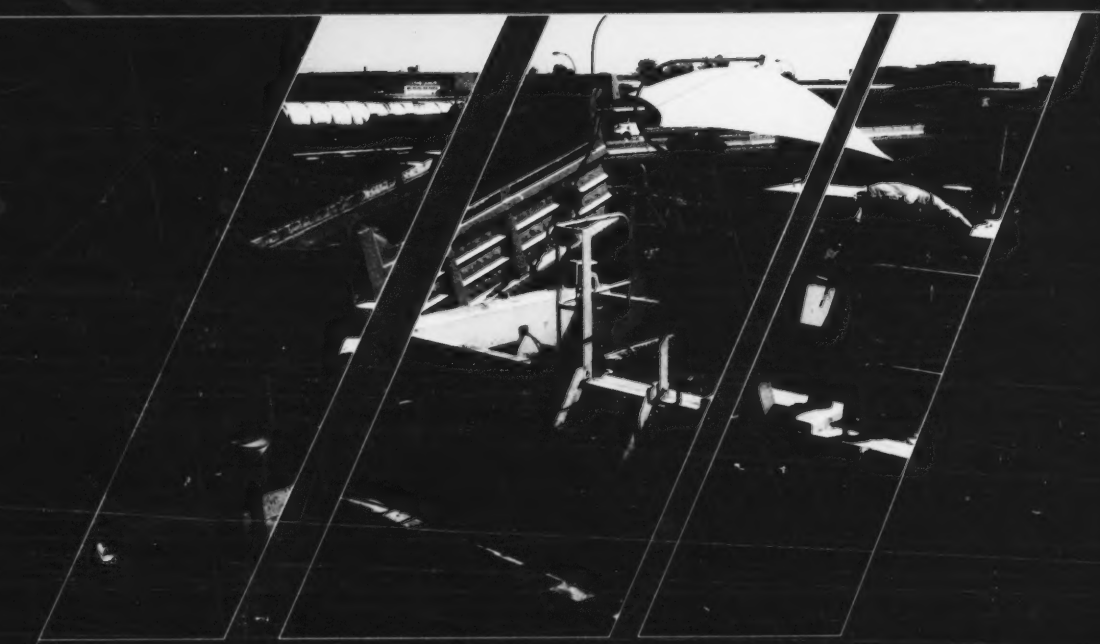
CIPEC

Road Rehabilitation Energy Reduction Guide For Canadian Road Builders

IN COLLABORATION WITH THE CANADIAN CONSTRUCTION ASSOCIATION



Natural Resources Canada
Ressources naturelles Canada

Canada

For more information or to receive additional copies of this publication, contact:

Canadian Industry Program for Energy Conservation
c/o Natural Resources Canada
580 Booth Street, 18th Floor
Ottawa ON K1A 0E4

Tel.: (613) 995-6839 Fax: (613) 992-3161
E-mail: cipec.peeic@nrcan.gc.ca
Web site: oee.nrcan.gc.ca/cipec

Or

Canadian Construction Association
75 Albert Street, Suite 400
Ottawa ON K1P 5E7

Tel.: (613) 236-9455 Fax: (613) 236-9526
E-mail: cca@cca-acc.com
Web site: www.cca-acc.com

Library and Archives Canada Cataloguing in Publication

Main entry under title:
Road rehabilitation energy reduction guide for Canadian road builders

Text in English and French on inverted pages.

Title on added t.p.: Guide d'économie d'énergie pour la réfection des routes à l'intention des entrepreneurs canadiensen construction routière. "In collaboration with the Canadian Construction Association"

Issued by the Canadian Industry Program for Energy Conservation.

ISBN 0-662-69540-2
Cat. No. M144-67/2006

1. Road construction industry – Energy consumption – Canada.
2. Roads – Design and construction – Canada – Energy consumption.
3. Roads – Maintenance and repair – Canada – Energy consumption.
4. Road construction industry – Energy conservation – Public opinion.
I. Canadian Construction Association.
II. Canadian Industry Program for Energy Conservation.
III. Title: Guide d'économie d'énergie pour la réfection des routes à l'intention des entrepreneurs canadiens en construction routière.

TE26.R62 2005 625.7'068'2 C2005-980056-9E

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2005

Recycled paper

PRINTED IN CANADA
IMPRIMÉ AU CANADA

ACKNOWLEDGEMENTS

The Canadian Construction Association gratefully acknowledges the Canadian Industry Program for Energy Conservation of Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency for its funding and expertise in the development of this report.

The authors express their sincere appreciation to the Canadian Construction Association and, in particular, the staff of the Roadbuilders and Heavy Construction Council, for effective organizational support.

In addition, the authors would like to acknowledge and thank the following experts and their colleagues for their assistance, technical input and comments during the preparation of this study:

- Wayne Morsky and Allan Barilla, Morsky Earthmoving Ltd.
  Regina, Saskatchewan
- Tom Brown and Allan Mills, Ledcor Alberta Limited
  Edmonton, Alberta
- Barry Brown, Maple Leaf Construction Ltd.
  Winnipeg, Manitoba
- Jean-Martin Croteau, Miller Paving Ltd.
  Markham, Ontario
- Fred J. Penney, Penney Paving Ltd.
  Grand Falls-Windsor, Newfoundland and Labrador

Disclaimer

The generic opportunities as presented by the authors of this guide (The Athena Institute), as commissioned by the Canadian Construction Association, do not represent specific recommendations by either party for implementation at individual construction sites. The authors are not responsible for any implementation without prior consultation and further detailed site evaluation. The use of corporate and trade names is not meant to constitute an endorsement of any company, commercial product, system or person.

106-0 5878 /

Contents

ACKNOWLEDGEMENTS

1 INTRODUCTION 2

1.1 THE ROAD BUILDING AND HEAVY CONSTRUCTION INDUSTRY 3

1.2 THE ENERGY REDUCTION GUIDE 3

2 METHODOLOGY 4

2.1 ROAD SPECIFICATIONS AND REHABILITATION SCENARIOS 5

2.1.1 Rehabilitation of Flexible Asphalt Pavements 6

2.1.2 Representative Material Hauling Distances 7

2.2 SURVEY 7

3 RESULTS 8

3.1 HOT-MIX ASPHALT PLANT 9

3.2 TRANSPORTATION OF MATERIALS AND PERSONNEL 11

3.3 ON-SITE HEAVY EQUIPMENT ENERGY CONSUMPTION 12

3.4 ENERGY CONSUMPTION SURVEY SUMMARY 13

4 ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES 14

4.1 ENERGY-SAVING ALTERNATIVES TO HOT-MIX ASPHALT 15

4.2 ASPHALT PLANT ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES 18

4.3 TRANSPORTATION AND HEAVY EQUIPMENT ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES 19

4.4 WEB RESOURCES 20

APPENDIX A. PARTICIPANTS 21

APPENDIX B. SURVEY TOOL 22

1

INTRODUCTION

1.1 THE ROAD BUILDING AND HEAVY CONSTRUCTION INDUSTRY

The road building and heavy construction industry in Canada employs tens of thousands of Canadians and accounted for more than $5 billion in economic activity in 2003. Road builders are responsible for all forms of road work, from construction and rehabilitation, to site work on other types of construction projects. The industry is dominated by small businesses – approximately 90 percent of the road building companies in Canada employ 20 or fewer people. It is also an extremely seasonal industry, with the bulk of activity occurring during the summer and fall. Road building companies are heavy users of various types of fuel, including diesel and heavy fuel oil. They also use natural gas to a lesser extent.

1.2 THE ENERGY REDUCTION GUIDE

Canada's road building industry is represented by the Roadbuilders and Heavy Construction Council of the Canadian Construction Association (CCA). CCA represents the non-residential construction sector in Canada, with some 20 000 firms as members.

Since joining the Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC) in 2002, CCA has focused on encouraging sustainable building and construction practices, including reducing energy use.

Until recently, energy costs, although significant, have not been a major cost driver for the road building industry. As a result, the industry has typically done little monitoring of its energy use. In fact, the industry practice for factoring energy costs into a contract bid has traditionally been to assume a set price for fuels and to absorb any additional fuel costs brought about by a rise in fuel prices between the time a bid is accepted and the completion of the construction.[1]

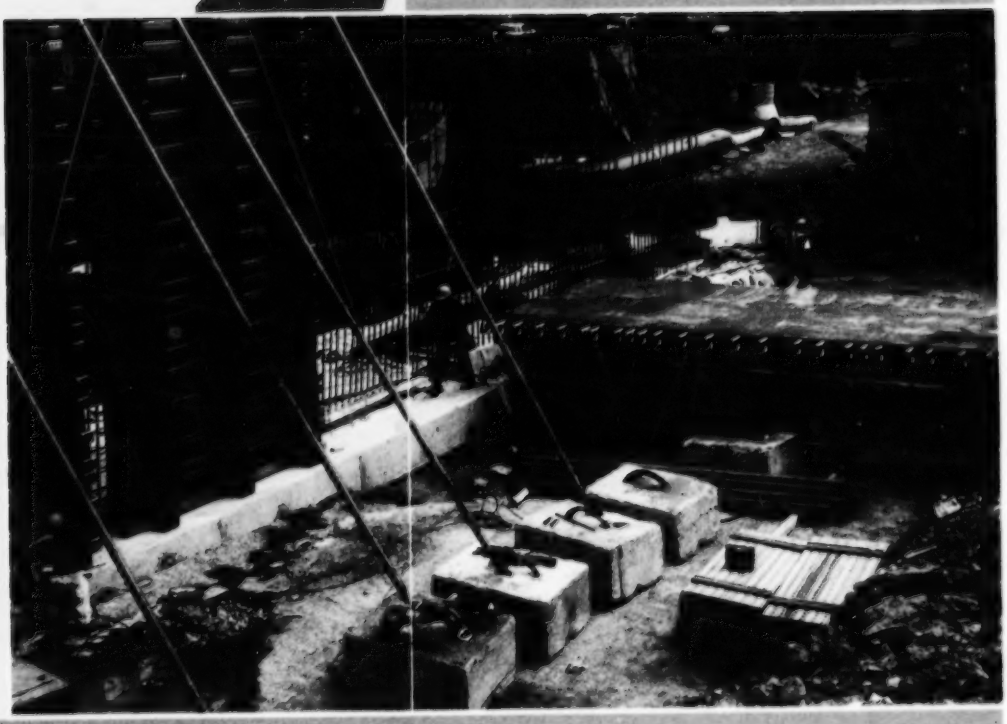
In April 2004, the CCA Roadbuilders and Heavy Construction Council made energy reduction a priority for the road building industry. With funding from CIPEC, CCA contracted the Athena Sustainable Materials Institute to work with its members on a road rehabilitation energy-reduction guide for Canadian road builders. The recommendations in this guide are based in part on an energy use survey conducted by the Institute.

Section 2 of this guide describes the survey methodology, Section 3 summarizes the survey results and discusses the significance of the results relative to other studies, and Section 4 outlines measures for reducing energy use. Appendix A lists the survey participants, and a sample survey form can be found in Appendix B.

[1] In the United States, many state road departments compensate contractors for significant price changes in fuel costs from the time of the winning bid to completion of the work.

2

METHODOLOGY



This survey-based study asked five Canadian road builders about their energy use and energy conservation practices. The five companies (see Appendix A) also helped develop the methodology for the study. This section describes the process, tools and assumptions used in the gathering of information about the energy use for road rehabilitation. It describes the types of roads included in the study and the types and quantities of materials used and their hauling distances.

2.1 ROAD SPECIFICATIONS AND REHABILITATION SCENARIOS

Canadian roadways range from gravel county side roads to major expressways. This guide examines only two roadway types – one rural, one urban – both with flexible asphalt concrete surfaces. Table 1 shows the as-constructed road material quantities per lane-kilometre[2] (lane-km[2]) for each of the road classes, assuming a California Bearing Ratio of 3[3].

TABLE 1 AS-CONSTRUCTED PAVEMENT MATERIAL QUANTITIES (per lane-km)

Pavement Structure	Class 1 Roadway Rural Secondary Highway	Class 2 Roadway Urban Arterial Road
Asphalt (m^3)	413	863
Asphalt (tonnes) @ 2.42 t/m^3	998	2087
Asphalt Cement (tonnes)	50	104
Aggregate (tonnes)	949	1984
Granular Base (m^3)	563	563
Granular Base (tonnes) @ 2.2 t/m^3	1238	1238
Granular Sub-base (m^3)	2250	2813
Granular Sub-base (tonnes) @ 2.2 t/m^3	4950	6188

Note: lane width set at 3.75 m

2 A lane-kilometre is one lane in width (a width of 3.75 metres was used for the study) for a distance of 1000 metres.

3 The California Bearing Ratio (CBR) test is an empirical test first developed in California, USA, for estimating the bearing value of highway sub-bases and subgrades. The CBR scale reflects a soil's bearing capacity based on its moisture and density. A CPR of 3 indicates a poor soil classification and will affect the design of flexible pavement road structures.

2.1.1 Rehabilitation of Flexible Asphalt Pavements

Asphalt overlay is required for flexible asphalt pavements at year 25 for a Class 1 roadway and at years 18 and 35 for Class 2 roadways. The study assumed that the Class 1 roadway, a rural secondary highway, was due to receive its 25-year asphalt overlay and that the Class 2 roadway, an urban arterial road, was due to receive its 35-year asphalt overlay (see Table 2).

The rehabilitation procedure consists of grinding the entire pavement surface, applying a tack coat to the milled surface, laying a new hot-mix asphalt surface by machine, and compacting the hot-mix asphalt using smooth steel wheel rollers and pneumatic wheel rollers. The materials include tack coat and hot-mix asphalt.

In the case of the Class 1 roadway, the first 25-year overlay is assumed to involve removing 40 mm of the existing asphalt and replacing it with one 50-mm lift of hot-mix asphalt. In the case of the Class 2 roadway, the 35-year overlay involves removing 80 mm of the existing asphalt and replacing it with 100 mm of hot-mix asphalt (placed in two lifts). The rehabilitation material quantities are shown in Table 2.

The study assumed that the hot-mix asphalt used to rehabilitate rural roads (Class 1 roadways) was produced in portable plants erected in a suitable location and that the asphalt used to rehabilitate urban roads (Class 2 roadways) came from permanent manufacturing plants. Typically, raw aggregates and asphalt binder are delivered by truck to the production plant, with the asphalt binder usually delivered hot in a liquid state and used while still hot. The aggregates for the hot-mix asphalt are dried and heated prior to mixing. After the hot materials are mixed, they may be stored in an insulated silo or loaded directly into trucks for delivery to the site.

The delivery trucks discharge the hot-mix into an asphalt paver, which spreads the material on the road. The hot-mix is compacted and smoothed by steel wheel and rubber tire rollers. The number and size of the rollers depend on the weather, the material quantities and the type of hot-mix, but it is common to have two steel wheel rollers and one rubber tire roller. When a tack coat is used, the emulsion is often delivered to the site in a truck equipped with a spray bar to spread the liquid material.

TABLE 2 MATERIAL QUANTITIES FOR ASPHALT OVERLAYS (per lane-km)

	Class 1 Roadway Rural Secondary Highway	Class 2 Roadway Urban Arterial Road
Year	25	35
Asphalt Removal Thickness (mm)	40	80
Asphalt Removal (tonnes)	363	726
New Asphalt Thickness (mm)	50	100
Asphalt (m^3)	188	375
Asphalt (tonnes) @ 2.42 t/m^3	454	908
Asphalt Cement (tonnes)	23	45
Aggregate (tonnes)	431	863

2.1.2 Representative Material Hauling Distances

Hauling distances for materials can vary substantially across the country, depending on the availability and proximity of materials. To account for variations in material hauling distances and thereby standardize energy-use reporting among the participants, the survey used pre-determined material hauling distances (Table 3).

TABLE 3 MATERIAL HAULING DISTANCES

	Class 1 Roadway Rural Secondary Highway	Class 2 Roadway Urban Arterial Road
Raw asphalt to portable plant	200 km	
Raw asphalt to permanent plant		80 km
Aggregate to portable plant	0 km*	
Aggregate to permanent plant		60 km
Hot-mix asphalt concrete to road site	30 km	45 km
Asphalt lifted from road site	60 km	70 km

* The zero value reflects industry practice to reduce hauling requirements by locating the portable asphalt mixing plant next to an aggregate source.

2.2 SURVEY

The survey was limited to elements of road building over which the participants exercised a certain amount of control (e.g. the survey did not look at energy use in the manufacture of bitumen). As a result, the survey design had to break down the process of road rehabilitation into discernable parts to determine the energy used for different activities. The survey focused on the three main road rehabilitation activities:

- mixing aggregates and hot asphalt emulsion (bitumen) at the asphalt plant
- hauling materials and transporting personnel to the site
- using heavy machinery at the site

It sought to gather data on participants' energy use, as well as information on their energy conservation practices.

The survey was mailed to each of the five participating road building companies. The Institute summarized the data received and returned the individual summary, as well as the complete results, to all participants for their review. Therefore, participants were able to compare their data with the group average to see where they stood. This process made it easier to spot data outliers and to correct inaccurate data.

A copy of the survey appears in Appendix B.

3

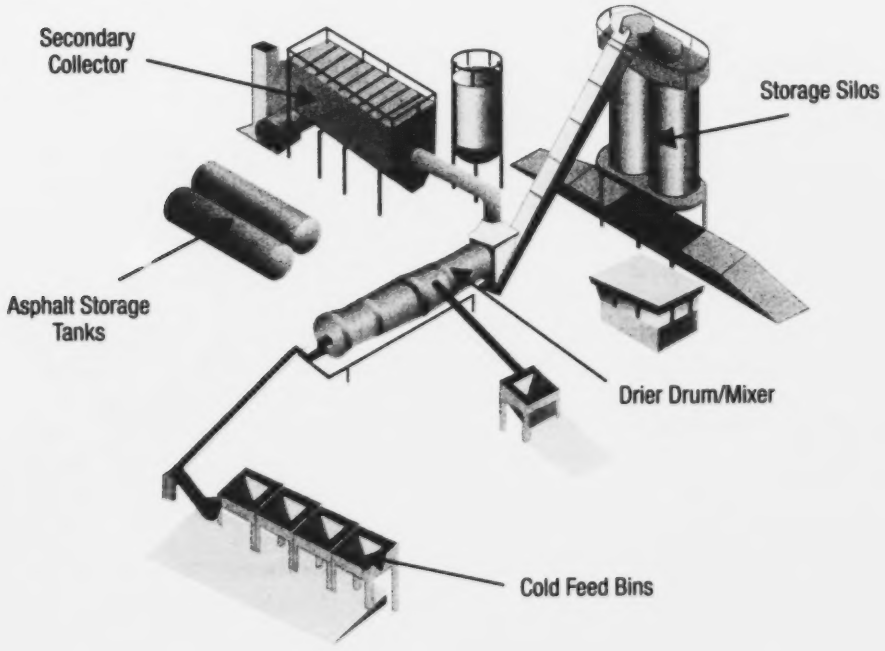
RESULTS

This section summarizes the survey findings relating to energy use in the production and hauling of road building materials and the transport of maintenance personnel for Class 1 and Class 2 roadways. It also summarizes data on the on-site consumption of energy by the heavy machinery used to grind down the old road surface and re-lay and compact the new one. Hot-mix asphalt concrete production is identified as the primary energy consumer in the road rehabilitation process.

3.1 HOT-MIX ASPHALT PLANT

Hot-mix asphalt concrete is a mixture of aggregate (crushed stone, gravel and sand) and asphalt binder. The asphalt binder percentage of the mix can vary, but typically is in the range of 4 to 6 percent by weight (the material quantities used in this study assume a 5 percent binder portion). Plants can be either portable or permanent and may use a batch or drum mixer. Figure 1 provides a schematic of a typical permanent asphalt mixing plant.

FIGURE 1 TYPICAL PERMANENT HOT-MIX ASPHALT PLANT CONFIGURATION



Source: National Asphalt Pavement Association

The five survey participants provided energy use information on a total of seven hot-mix asphalt plants (five portable and two permanent plants). To maintain confidentiality, it was necessary to aggregate all seven plants into a single group, which precludes reporting on a plant type basis.

Plant production varied from a low of 12 000 tonnes to a high of 250 000 tonnes on an annual basis. Table 4 sets out the average fuel use per tonne of hot-mix asphalt, as well as the energy use by fuel type. Natural gas and waste oil are the prevalent fuels used in the production of hot-mix asphalt and make up almost 75 percent of the total energy used at the plant. Note that although purchased electricity use is reportedly small, all the portable plants surveyed use diesel-fuelled generators to provide their on-site electricity needs. A small portion of the total energy used in the surveyed plants was consumed by mobile equipment at the plant (e.g. loaders). Although the average energy use for the seven plants was calculated to be 406 megajoules (MJ) per tonne of hot-mix asphalt, energy use ranged between a low of 356 MJ per tonne and a high of 443 MJ per tonne.

TABLE 4 AVERAGE ENERGY USE PER TONNE OF HOT-MIX ASPHALT

	Physical Units	Physical Quantity	Energy Equivalent (MJ)
Liquid Propane Gas	L	0.52	13.85
Heavy Fuel Oil	L	0.72	30.12
Diesel Fuel	L	1.24	48.07
Waste (used) Oil	L	2.95	123.43
Purchased Electricity	kWh	2.12	12.98
Natural Gas	m^3	4.66	177.21
			Total 405.66

Note: Higher heating values for fuel physical quantity conversions to MJ: Natural Gas (38.03 MJ/m^3), Diesel (38.77 MJ/L), Heavy Fuel Oil and Waste Oil (41.84 MJ/L), Liquid Propane Gas (26.64 MJ/L), and Electricity Primary Energy (6.12 MJ/kWh).

It is estimated that there are just over 500 hot-mix asphalt plants across Canada, producing 30 to 31 million tonnes annually. The province of Ontario has the greatest concentration of plants (28 percent) and produces about 40 percent of all hot-mix asphalt concrete in the country. In Canada, most asphalt production plants are over 30 years old and are predominately batch plants producing between 180 and 240 tonnes per hour (tph). New portable plants in the 400-tph range have a fuel consumption of about 7.4 L/tonne (approximately 300 MJ/tonne) when processing aggregates with 5 percent moisture content[4].

Data for portable plants provided in this survey indicated a fuel consumption range of between 7 L (280 MJ) and 11 L (440 MJ) with an average of 9.2 L (368 MJ). Liquid fuels used included heavy fuel oil, diesel and waste oil.

[4] *Multi-pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAF) for the Hot-Mix Asphalt Sector* (Final Report) by Canadian ORTECH Environmental Inc. and John Emery Geotechnical Engineering Limited (JEGEL). March 2000. p. 67

3.2 TRANSPORTATION OF MATERIALS AND PERSONNEL

Table 5 summarizes fuel use for the transportation of material and site workers by road type, assuming the same material quantities defined in Table 2 and the distances defined in Table 3.

The survey results for the Class 1 roadway (rural secondary highway) indicate that a total of 1222 L of diesel and 156 L of gasoline would be consumed in transporting the materials and workers to and from the road site. Transporting the milled asphalt from the original roadway was the primary energy consumption activity (38 percent), followed closely by transporting hot-mix asphalt concrete to the road site (31 percent) and worker transportation (20 percent). Transporting liquid asphalt binder to the plant accounted for the smallest portion (11 percent) of all the energy consumed in rehabilitating one lane-kilometre of Class 1 road. Aggregate transportation was estimated to be negligible as it is industry practice for portable asphalt plants to be located next to the aggregate source, thereby minimizing transportation of this component.

The final column of Table 5 shows the ratio of the high and low values for each of the transportation activities involved in rehabilitating one lane-kilometre of Class 1 road. It is evident that there is some variability in transportation energy use. This may be a function of the small sample size (five participants) and the variable nature of the climate and geography, as well as varying vehicle hauling capacity and vintage.

TABLE 5 TRANSPORTATION ENERGY USE BY ROAD TYPE (per lane-km)

Class 1 Roadway (Rural Secondary Highway)	Units	Fuel Type	Quantity Average	Range Low	Range High	High/Low Ratio
Liquid asphalt transport	L	Diesel	149	83	225	2.7
Aggregate transport	L	Diesel	0	0	0	–
Hot-mix asphalt transport	L	Diesel	434	213	500	2.3
Milled asphalt from road site	L	Diesel	519	323	870	2.7
Site worker transport	L	Gasoline	156	90	270	3.0
Site worker transport	L	Diesel	120	120	120	1.0
Total Diesel	**L**		**1222**	**837**	**1370**	**1.6**
Total Gasoline	**L**		**156**	**90**	**270**	**3.0**

Class 2 Roadway (Urban Arterial Roadway)	Units	Fuel Type	Quantity Average	Range Low	Range High	High/Low Ratio
Liquid asphalt transport	L	Diesel	72	41	116	2.8
Aggregate transport	L	Diesel	884	729	1140	1.6
Hot-mix asphalt transport	L	Diesel	1298	1100	2014	1.8
Milled asphalt from road site	L	Diesel	1214	713	2496	3.5
Site worker transport	L	Gasoline	72	46	110	2.4
Site worker transport	L	Diesel	100	100	100	1.0
Total Diesel	**L**		**3568**	**2751**	**4655**	**1.7**
Total Gasoline	**L**		**72**	**46**	**110**	**2.4**

For the Class 2 roadway (urban arterial road), the survey results revealed that a total of 3568 L of diesel and 72 L of gasoline would be consumed in transporting the materials and workers to and from the road site. Transporting hot-mix asphalt concrete to the road site was the primary energy consumption activity (36 percent), followed closely by transport of the milled asphalt from the original roadway (33 percent). Aggregate transportation was the third most significant energy consumption activity (24 percent), displacing site worker transportation, which dropped to fourth in importance at 5 percent. Liquid asphalt transport to the asphalt plant again contributed the smallest amount (2 percent) of all the energy consumed in rehabilitating one lane-kilometre of Class 2 road.

3.3 ON-SITE HEAVY EQUIPMENT ENERGY CONSUMPTION

The rehabilitation procedure consists of grinding the entire pavement surface, followed by the application of a tack coat to the milled surface, machine placement of a new hot-mix asphalt surface, and compaction of the hot-mix asphalt using smooth steel wheel and pneumatic wheel rollers. The survey asked each participant to document various heavy machinery fuel uses (diesel) per hour, as well as to estimate the machine hours necessary to complete each machine activity of the rehabilitation procedure for a lane-kilometre of each road type. By combining hourly fuel use with the time required by each machine type, the total energy consumed by heavy machinery used at the road site was estimated. Table 6 summarizes the total heavy equipment energy use by road type.

TABLE 6 HEAVY EQUIPMENT ENERGY USE BY ROAD TYPE (per lane-km)

	Units	Quantity Average	Range Low	Range High	High/Low Ratio
Class 1 Roadway	L	484	326	601	1.8
Class 2 Roadway	L	819	622	1293	2.1

As expected, the Class 2 road exhibited the higher heavy machinery energy use of the two roads; it was not twice that of the Class 1 road, however, as the material quantities alone would suggest. Therefore it appears that certain scale economies are achieved with the lift depth of asphalt concrete.

3.4 ENERGY CONSUMPTION SURVEY SUMMARY

Table 7 summarizes the total road rehabilitation energy use survey results by activity component for each road type. It takes about 247 gigajoules (GJ) and 538 GJ, respectively, to rehabilitate one lane-km of Class 1 and 2 roads. To put this energy use into perspective, the energy used to rehabilitate a Class 1 or 2 road is equivalent to an average car[5] travelling 80 620 km or 175 280 km, respectively. Assuming the average car is driven 20 000 km per year, then rehabilitating a lane-km of Class 1 or 2 roadway is equivalent to about four or nine years of car operation, respectively.

Across both road types, the production of hot-mix asphalt concrete was the most energy intensive activity in the road rehabilitation process, accounting for about 70 percent of the total energy use. Transportation accounted for between 20 and 25 percent of the total energy consumed, and heavy equipment use accounted for less than 10 percent of all energy consumed. Both transportation and heavy machinery exhibited greater variability in their energy use values than the asphalt plant values; this fact may indicate that the industry is cognizant of the greater significance of the asphalt plant's energy use and hence pays more attention to monitoring energy use at the plant. In addition, although the high energy use at the asphalt plant would tend to suggest that an energy-use-reduction program would be advised to target this particular activity, the higher variability in the reported energy consumption of transportation and machinery use may signal better and easier opportunities to save energy.

TABLE 7 TOTAL REHABILITATION ENERGY USE BY ROAD TYPE (per lane-km)

Class 1 Roadway (Rural Secondary Highway)	Units	Quantity Average	(%)	Range Low	Range High	High/Low Ratio
Asphalt Plant	MJ	180 728	73	161 637	194 744	1.2
Transportation	MJ	48 031	19	26 443	66 166	2.5
On-Site Heavy Equipment Use	MJ	18 756	8	14 713	23 301	1.6
Total	**MJ**	**247 516**	**100**	**239 178**	**252 782**	**1.1**
Class 2 Roadway (Urban Arterial Road)	**Units**	**Quantity Average**	**(%)**	**Range Low**	**Range High**	**High/Low Ratio**
Asphalt Plant	MJ	369 620	69	323 275	389 488	1.2
Transportation	MJ	136 735	25	104 867	213 094	2.0
On-Site Heavy Equipment Use	MJ	31 765	6	24 099	50 110	2.1
Total	**MJ**	**538 120**	**100**	**520 243**	**586 479**	**1.1**

[5] Consuming 8.8 L of gasoline per 100 km (8.8 L x 34.87 MJ/L of gasoline = 307 MJ)

4

ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES

This section briefly discusses alternatives to hot-mix asphalt and recommends ways to reduce energy use in the three main road building processes: preparing hot-mix asphalt, transporting materials and personnel, and operating on-site heavy equipment. The recommendations are drawn from the energy use survey, a Web site review and suggestions from the survey participants.

4.1 ENERGY-SAVING ALTERNATIVES TO HOT-MIX ASPHALT

As shown in the previous section, the asphalt plant is the single largest contributor to the road rehabilitation industry's energy use. Before delving into possible energy-saving practices and technologies that can be applied at the asphalt plant, it is worthwhile to consider whether there are alternatives to hot-mix asphalt concrete that may offer more immediate and substantial energy savings.

To this end, the Colas Group (September 2003) reviewed two life-cycle assessment studies (one completed by the Swedish Environmental Research Institute and the other by the Athena Sustainable Materials Institute), added their own engineering expertise and completed a report entitled *The Environmental Road of the Future*. Figure 2 (on p. 16 of this guide), from the report, summarizes the 30-year life cycle energy use per tonne of various road materials, from natural gravel to concrete pavements. The figure provides a breakdown of energy use by activity: to manufacture the binder material; to produce the aggregates; material manufacturing (combining aggregates and binder); transportation of the road material; and its on-site installation (laydown). Table 8 (on p. 17 of this guide) provides the point estimate data underlying Figure 2.

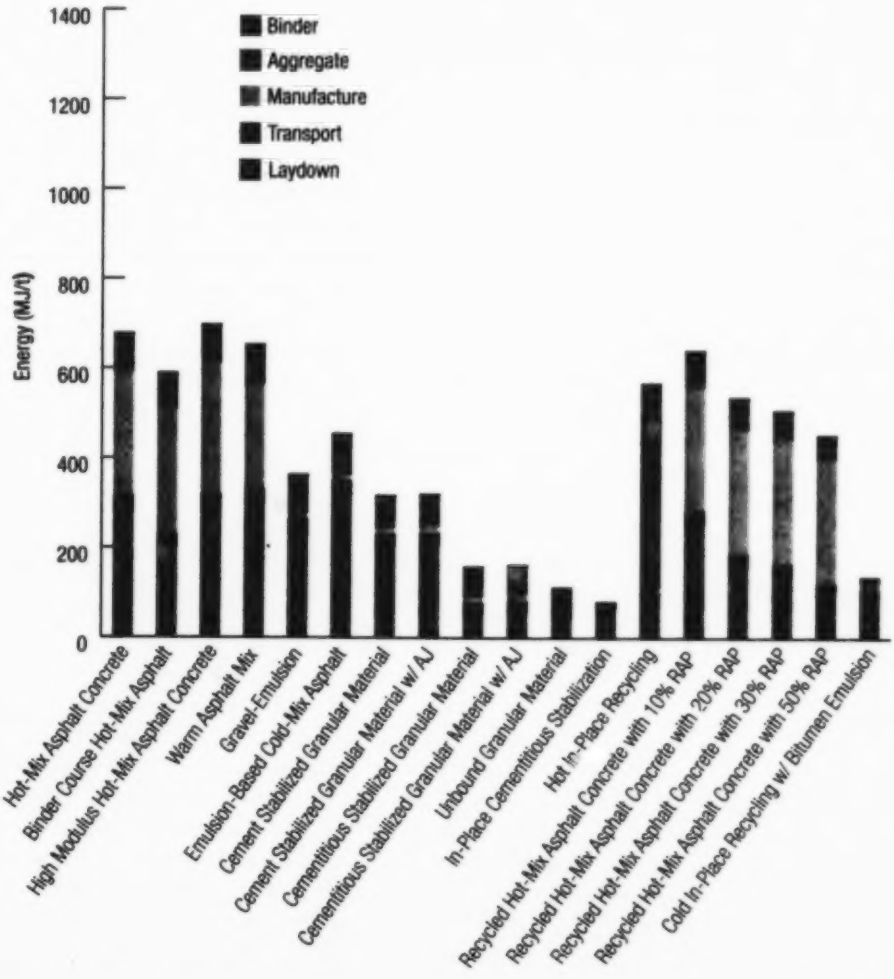
Note that this European study uses a considerable amount of process engineering data in its life-cycle approach, as well as lower heating values for fuels; these factors make direct comparison with the survey results in this guide problematic. Even so, the review is instructive in terms of relative difference between the various road material technology types.

The first bar on Figure 2 is traditional hot-mix asphalt concrete. An emerging technology alternative is the "cold-mix method" (sixth bar on graph), which all but eliminates the traditional asphalt plant and affords a 30 percent energy saving over traditional hot-mix asphalt concrete. Another rehabilitation technology that is gaining popularity in North America is the "hot in-situ" recycling of the existing road surface (bar 15) by way of a production train. Essentially, the existing roadway is milled to a specified depth, and the same material is reheated with the addition of some more binder and aggregate and then re-laid in place. This method can not only lead to a 15 percent reduction in overall energy use per tonne laid down, but also save a considerable quantity of resources. Combining in-situ recycling with a cold-mix technology can provide further energy savings of up to 80 percent over traditional hot-mix asphalt.

These material technologies are but examples of what may be possible. While showing promise, all of these alternative road material technologies require significant investment in new equipment as well as changes in practices. In addition, they may not always meet the

rehabilitation standards for all roadway types. A closer examination of these technologies is warranted in order to better understand their respective characteristics and road class applicability.

FIGURE 2 ENERGY USE PER TONNE OF MATERIAL LAID DOWN



Notes: AJ = Active Joint, RAP = Reclaimed Asphalt Pavement, w/ = with

Source: *The Environmental Road of the Future, Life Cycle Analysis* by Groupe Chappat, M. and Julian Bilal. Colas Group, 2003, p. 34

TABLE 8 ENERGY USE BY ROAD MATERIAL TYPE (MJ/tonne)

Product	Binder	Aggregate	Manufacture	Transport	Laydown	Total
Hot-Mix Asphalt Concrete	279	38	275	79	9	680
Binder Course Hot-Mix Asphalt	196	36	275	75	9	591
High Modulus Hot-Mix Asphalt Concrete	284	38	289	79	9	699
Warm Asphalt Mix	294	38	234	80	9	654
Gravel-Emulsion	227	37	14	81	6	365
Emulsion-Based Cold-Mix Asphalt	314	36	14	86	6	457
Cement Stabilized Granular Material	200	32	14	67	6	319
Cement Stabilized Granular Material w/ AJ	203	32	14	67	6	323
Cementitious Stabilized Granular Material	50	29	14	61	6	160
Cementitious Stabilized Granular Material w/ AJ	54	29	14	61	6	164
Unbound Granular Material	0	40	0	68	6	113
In-Place Cementitious Stabilization	63	0	0	7	12	81
Hot In-Place Recycling	98	4	0	12	456	570
Recycled Hot-Mix Asphalt Concrete with 10% RAP	250	35	275	73	9	642
Recycled Hot-Mix Asphalt Concrete with 20% RAP	157	33	275	64	9	538
Recycled Hot-Mix Asphalt Concrete with 30% RAP	137	30	275	58	9	510
Recycled Hot-Mix Asphalt Concrete with 50% RAP	98	25	275	47	9	454
Cold In-Place Recycling w/ Bitumen Emulsion	105	4	0	15	15	139

Notes: AJ = Active Joint, RAP = Reclaimed Asphalt Pavement, w/ = with

Source: *The Environmental Road of the Future, Life Cycle Analysis* by Chappat, M. and Julian Bilal. Colas Group, 2003, p. 34

4.2 ASPHALT PLANT ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES

The energy use at the asphalt plant is governed by many variables, from the ambient temperature and moisture content of aggregates to the efficiency of the combustion system itself. The goal is to control all of these to the greatest degree possible to achieve efficient use of all fuels.

From an energy reduction perspective it is of the utmost importance that the existing plant is operating efficiently. Both the Ontario Hot Mix Producers Association and the Canadian Construction Association (CCA) have published environmental best-practice guides for the hot-mix asphalt industry,[6] as has the U.S.-based Asphalt Institute. Focusing on monitoring and lowering combustion-related emissions is akin to maintaining or increasing the energy efficiency of the plant, in addition to any use of emissions control devices. The following list of operational measures can lead to either maintaining or improving energy efficiency:

- Log fuel use: maintain a plant energy use accounting system that also notes the prevailing weather conditions, or purchase a fuel meter. A meter reading at any point in time can be compared with the amount the burner should be burning.
- Minimize air leaks throughout the whole system (air leaks further away from the combustion chamber decrease energy efficiency more than those in and around the combustion chamber).
- Implement air leak detection and repair procedures.
- Consider insulating all hot pipes and tanks – an inexpensive, low technology method for saving energy (all insulation should be waterproofed).
- Regularly clean heat transfer media (coils and fins).
- Calibrate burners annually for permanent plants, and whenever a portable plant is set up at a new location (or annually, whichever occurs first).
- Ensure exhaust fans and damper controls are working in tandem to provide the correct amount of combustion air at all production rates and ambient air temperatures.
- Ensure production temperature is in accordance with asphalt production temperature charts.
- Store aggregates under cover or in a silo to reduce rewetting and, where possible, encourage air-drying of aggregates.
- Ensure the air compressor system is running at the lowest practical air pressure.
- Replace open-fired units with sealed-in 100 percent total air burners, which can achieve a 10–20 percent energy cost savings compared with open-fired units.
- When considering the replacement of a plant or its major components, make sure it is properly sized. In instances where a plant is designed to accommodate increased production at a later date, it may operate only at a partial load in the interim; when this occurs the plant is often less efficient than when operating at its full design capability.

[6] Three excellent sources of information relating to the reduction of energy use at an asphalt plant include (1) the asphalt plant environmental practices guide published by the Canadian Construction Association (forthcoming); (2) *Multi-pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAF) for the Hot-Mix Asphalt Sector* prepared by ORTECH and JEGEL for Environment Canada and the Canadian Council of Ministers of Environment in 2002; and (3) *Environmental Practices Guide for Ontario Hot-Mix Asphalt Plants*, 2nd Edition 2002 by the Ontario Hot Mix Producers Association.

4.3 TRANSPORTATION AND HEAVY EQUIPMENT ENERGY CONSERVATION OPPORTUNITIES

Transportation represents the second largest energy use component in the rehabilitation of roadways, followed by heavy equipment energy use. We have combined these two mobile equipment segments under the same heading, as they have much in common when energy conservation strategies and practices are being considered. The energy efficiency measures list has been culled from a number of different sources, including Natural Resources Canada's FleetSmart, as well as various heavy machinery manufacturers' Web sites. To get the most out of transport and heavy machinery, it is necessary to develop and continually refine appropriate maintenance schedules, operational practices and vehicle/equipment replacement schedules. Below is a list of possible energy saving guidelines for the industry to consider:

- Develop and implement a preventive maintenance schedule for all vehicles and machinery.
- Switch to synthetic lubricants, which have a demonstrated ability to increase energy efficiency through reduced friction, as well as to prolong vehicle and machinery life.
- Consider implementing a driver or operator training program to refresh operators' skills as well as to help them better understand the effect of their driving or operating habits on fuel use (see prolonged idling and speed limit measures below in this list).
- Log fuel use by vehicle and machinery to help identify fuel leaks and poor performing vehicles in a fleet.
- Where appropriate, shift more-efficient vehicles and machinery into higher duty cycles and less-efficient ones to lower duty tasks.
- Where appropriate, combine the loads of small vehicles into one larger vehicle (over the longer term, evaluate use and loading levels to help select the appropriate vehicle or machine when it comes time to replace the existing one).
- Avoid prolonged idling: develop a company policy about idling times and monitor it. Typical highway vehicles can consume 2.0 to 2.5 L of fuel per hour of idling. Studies have shown that shutting off and restarting an engine within three minutes can be cost effective.
- Institute speed limits for transport vehicles so they operate in their economic fuel range, and consider resetting the engine speed governor (can be done to heavy equipment as well, where warranted).
- Fill fuel tanks to 95 percent of capacity to allow for expansion and reduce spillage.
- When considering new equipment purchases, opt for the most efficient engine, and size the equipment so it will be used in its most efficient load or operating range.

4.4 WEB RESOURCES

Below is a table of useful Web resources that were used in the completion of this section.

Organization	Web address
Asphalt Contractor	www.asphalt.com
Asphalt Institute	www.asphaltinstitute.org
Asphalt Pavement Alliance	www.asphaltalliance.com
Canadian Construction Association	www.cca-acc.com
Canadian Technical Asphalt Association	www.ctaa.ca
Colas	www.colas.fr
National Asphalt Pavement Association	www.hotmix.org
Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency, FleetSmart	oee.nrcan.gc.ca/fleetsmart
Ontario Hot Mix Producers Association	www.ohmpa.org

APPENDIX A. PARTICIPANTS

Wayne Morsky
Morsky Earthmoving Ltd.
Box 4586, 299 Sherwood Road
Regina, Saskatchewan
S4P 3Y3
(306) 949-3099 (phone)
(306) 543-8077 (fax)
wayne@morsky.ca

Allan Barilla
(306) 536-3103 (phone)
allan@morsky.ca

Tom Brown, Senior Vice-President
Ledcor Alberta Limited
Edmonton, Alberta
(780) 462-4211 (phone)
(780) 437-7140 (fax)
tom.brown@ledcor.com

Allan Mills
allan.mills@ledcor.com

Barry Brown, President
Maple Leaf Construction Ltd.
Winnipeg, Manitoba
(204) 783-7091 (phone)
(204) 786-3106 (fax)
barry@mapleleafconstruction.mb.ca

Jean-Martin Croteau, Technical Director
Miller Paving Ltd.
Markham, Ontario
(905) 475-6660 (phone)
(416) 505-7916 (cell)
(905) 475-7160 (fax)
jmcroteau@millergroup.ca

Fred J. Penney, Vice President
Penney Paving Ltd.
P.O. Box 806
Grand Falls-Windsor, Newfoundland and Labrador
A2A 2M4
(709) 489-3072
fjpenney@nf.sympatico.ca

APPENDIX B. SURVEY TOOL

GENERAL INFORMATION – PAGE 1 OF 4

CANADIAN ROAD CONSTRUCTION ENERGY USE SURVEY FORM

Company Name	
Contact Person	
Contact Information	**Phone**
	Facsimile
	E-mail

This survey is requesting energy use information applicable to three road construction processes used in the course of rehabilitating two roadway types. The three processes are hot-mix asphalt mixing (permanent and/or portable); material hauling activities; and heavy equipment use. The two roadway designs are as follows:

1. Class 1 rural secondary highway
2. Class 2 urban arterial roadway

For each road type, the basic metric unit is a lane-kilometre with a width of 3.75 m. The rehabilitation scenario is limited to resurfacing the two roadway types.

This survey workbook is divided into four worksheets – one sheet per process and this general information sheet. The asphalt mixing plant sheet is structured independently of the two roadway designs – here we are looking to determine average fuel used in the production of a tonne of hot-mix asphalt. The other two sheets are to be completed with the two roadway designs' material quantity requirements in mind.

Please complete all information shaded in yellow. Please indicate any departures from the information requested on the sheet(s) directly.

For questions concerning the completion of the survey, please contact Jamie Meil at (613) 523-1020 (phone) or by e-mail at jkmeil@sympatico.ca.

ASPHALT MIXING PLANT ENERGY USE – PAGE 2 OF 4

This sheet is used to calculate fuel use per tonne of mixed asphalt

Type of plant (please check one X)	**Permanent**	**Portable**

Plant production		
annual for permanent facility	(tonnes/yr)	
any job specific quantity for portable*		(tonnes/job)

* can be for a previously completed job of not less than 5000 tonnes

Plant energy use

	Permanent Annual	**Portable** specific qty(**)	**Units**
Annual specific qty			
Purchased Electricity			kWh
Natural Gas			ft^3 or m^3
Heavy Fuel Oil			gal. or litres
Medium Fuel Oil			gal. or litres
Diesel Fuel			gal. or litres
Other (Specify)			

(**) as per quantity indicated in cell C9

Plant air emission abatement technology Specify (e.g., baghouse, scrubber)

NOTES Any comments here

HAULING EQUIPMENT ENERGY USE – PAGE 3 OF 4

	Units	Class 1 Roadway	Class 2 Roadway	
Typical haul distance				
Liquid asphalt to portable plant	km – oneway	200		
Liquid asphalt to permanent plant	km – oneway		80	Given these one-way haul distances ...
Aggregate to portable plant	km – oneway	0		
Aggregate to permanent plant	km – oneway		60	
Hot mixed asphalt to road site	km – oneway	30	45	
Milled asphalt lifted from road site	km – oneway	60	70	
Material quantities				
Liquid asphalt to portable plant	tonnes	23		
Liquid asphalt to permanent plant	tonnes		45	and material quantities by road type ...
Aggregate to portable plant	tonnes	431		
Aggregate to permanent plant	tonnes		863	
Hot mixed asphalt to road site	tonnes	454	908	
Milled asphalt lifted from road site	tonnes	363	726	
Typical diesel fuel use				
Liquid asphalt transport vehicle	litres			estimate fuel usage by process, including empty backhaul and truck idling.
Aggregate transport vehicle	litres			
Hot mixed asphalt transport vehicle	litres			
Milled asphalt from road site	litres			
Personnel transportation				
Movement of site workers to and from site:				
Diesel	litres			
Gasoline	litres			

Note: One way of estimating site worker / supervisor transportation is to determine the average daily fuel usage of pick-up vehicles and then estimate the number of days it would take to complete each lane-km of roadway.

Site workers would also include portable asphalt mix plant.

HEAVY EQUIPMENT ENERGY USE – PAGE 4 OF 4

Equipment Use	Units	Class 1 Roadway secondary hwy	Class 2 Roadway urban arterial	Class 1 Roadway	Class 2 Roadway
		per lane-km (l-km) requirements		per lane-km	
scarifier/milling machine	hrs	to remove 363 t	to remove 726 t		
tack coat spray truck	hrs	one l-km	two l-km		
mobile pick-up machine	hrs	pick-up & transfer 454 t	pick-up & transfer 908 t		
material transfer vehicle	hrs	transfer 454 t	transfer 908 t		
paver	hrs	lay 454 t	lay 908 t		
steel roller	hrs	roll a 50-mm l-km	roll two 50-mm lifts l-km		
rubber wheel roller	hrs	roll a 50-mm l-km	roll two 50-mm lifts l-km		
float trucks	hrs	travel time (hrs)	travel time (hrs)		
other (specify)	hrs				

Note: The above table is asking you to estimate scarifier/milling machine hours required to lift 363 tonnes of asphalt from the Class 1 roadway (or 726 tonnes from the Class 2 roadway) and to place your estimate in the yellow shaded columns for each roadway type.

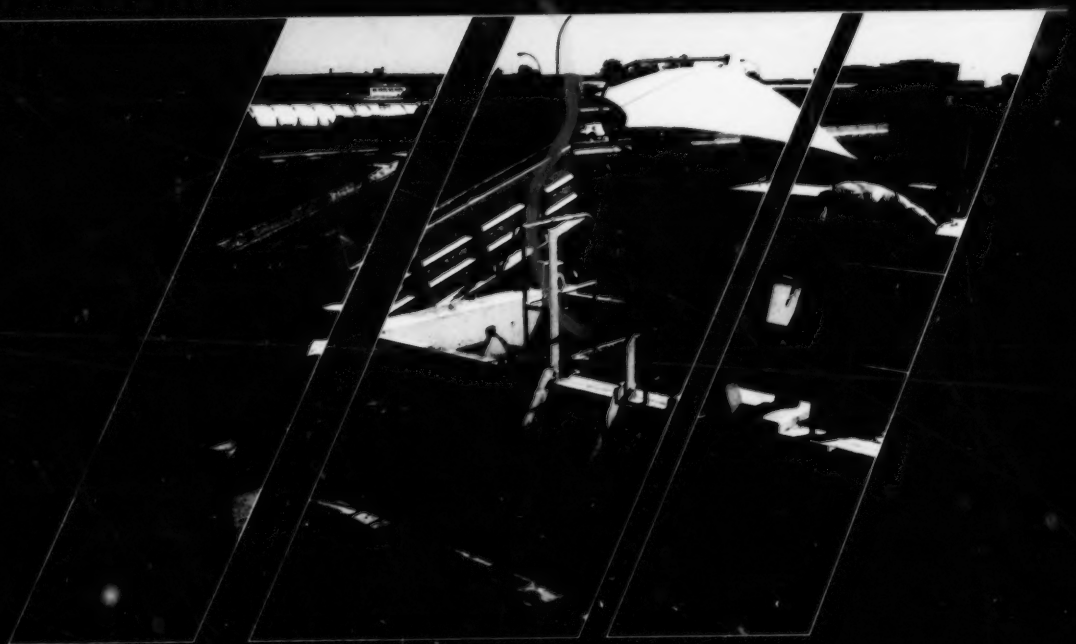
Fuel Use	
scarifier/milling machine	L/hr
tack coat spray truck	L/hr
mobile pick-up machine	L/hr
material transfer vehicle	L/hr
paver	L/hr
steel roller	L/hr
rubber wheel roller	L/hr
float trucks	L/hr
other (specify)	L/hr

NOTES Please insert comments where your practice differs from the above process descriptions.

PEEIC

GUIDE D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POUR LA RÉFECTION DES ROUTES À L'INTENTION DES ENTREPRENEURS CANADIENS EN CONSTRUCTION ROUTIÈRE

EN COLLABORATION AVEC L'ASSOCIATION CANADIENNE DE LA CONSTRUCTION



Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

Pour plus de renseignements ou pour recevoir d'autres exemplaires de la présente publication, communiquez avec :

Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne
a/s de Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Tél. : (613) 995-6839 Téléc. : (613) 992-3161
Courriel : cipec.peeic@rncan.gc.ca
Site Web : oee.rncan.gc.ca/peeic

Ou

Association canadienne de la construction
75, rue Albert Street, pièce 400
Ottawa (Ontario) K1P 5E7

Tél. : (613) 236-9455 Téléc. : (613) 236-9526
Courriel : cca@cca-acc.com
Site Web : www.cca-acc.com

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Vedette principale au titre :
Guide d'économie d'énergie pour la réfection des routes à l'intention des entrepreneurs canadiens en construction routière

Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.

Titre de la p. de t. addit. : Road rehabilitation energy reduction guide for Canadian road builders.
« En collaboration avec l'Association canadienne de la construction »

Publ. par le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne.

ISBN 0-662-69540-2
N° de cat. M144-67/2006

1. Industrie routière – Canada – Consommation d'énergie – Opinion publique.
2. Routes – Conception et construction – Canada – Consommation d'énergie – Opinion publique.
3. Routes – Entretien et réparations – Canada – Consommation d'énergie – Opinion publique.
4. Économie d'énergie – Opinion publique.
I. Association canadienne de la construction.
II. Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne.
III. Titre : Road rehabilitation energy reduction guide for Canadian road builders.

TE220.R62 2005 388.1 C2005-980056-9F

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2005

Papier recyclé

REMERCIEMENTS

L'Association canadienne de la construction tient à remercier le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada pour les fonds et le savoir-faire qu'il a consentis aux fins d'élaboration du présent guide.

Les auteurs expriment toute leur reconnaissance à l'Association canadienne de la construction (ACC) et plus particulièrement au personnel du Conseil des constructeurs de routes et grands travaux pour leur soutien organisationnel efficace.

Les auteurs aimeraient en outre remercier les experts suivants ainsi que leurs collègues pour leur aide, leurs observations techniques et leurs commentaires tout au long de la préparation de ce guide :

- Wayne Morsky et Allan Barilla, de Morsky Earthmoving Ltd., Regina (Saskatchewan)
- Tom Brown et Allan Mills, de Ledcor Alberta Limited, Edmonton (Alberta)
- Barry Brown, de Maple Leaf Construction Ltd., Winnipeg (Manitoba)
- Jean-Martin Croteau, de Miller Paving Ltd., Markham (Ontario)
- Fred J. Penney, de Penney Paving Ltd., Grand Falls-Windsor (Terre-Neuve-et-Labrador)

Avis de non-responsabilité

Les possibilités génériques telles que les présentent les auteurs du guide (l'Athena Institute), pour le compte de l'ACC, ne constituent pas des recommandations particulières de mise en œuvre dans un site donné par l'une ou l'autre des parties. Les auteurs ne sont pas responsables de toute mise en œuvre qui serait faite sans consultation préalable ni évaluation détaillée du site. L'utilisation de raisons sociales et de marques de commerce ne constitue aucunement un appui aux entreprises, aux produits commerciaux, aux systèmes ou aux personnes en question.

Contenu

REMERCIEMENTS

1 INTRODUCTION 2

1.1 L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION ROUTIÈRE ET DES GRANDS TRAVAUX 3

1.2 LE GUIDE D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE 3

2 MÉTHODE 4

2.1 DEVIS DESCRIPTIF ET SCÉNARIOS DE RÉFECTION DES ROUTES 5

2.1.1 Réfection des chaussées souples en asphalte 6

2.1.2 Distances représentatives de transport des matériaux 7

2.2 ENQUÊTE 7

3 RÉSULTATS 8

3.1 INSTALLATIONS DE PRÉPARATION DE L'ASPHALTE CHAUD 9

3.2 TRANSPORT DES MATÉRIAUX ET DU PERSONNEL 11

3.3 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ATTRIBUABLE À L'UTILISATION DE LA MACHINERIE LOURDE SUR LE SITE 12

3.4 SOMMAIRE DE L'ENQUÊTE SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE 13

4 POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE 14

4.1 SOLUTIONS DE RECHANGE À L'ASPHALTE CHAUD 15

4.2 POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POUR LES INSTALLATIONS DE PRÉPARATION D'ASPHALTE 18

4.3 POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POUR LE TRANSPORT ET LA MACHINERIE LOURDE 19

4.4 RESSOURCES INTERNET 20

ANNEXE A – PARTICIPANTS 21

ANNEXE B – FORMULAIRE D'ENQUÊTE 22

1

INTRODUCTION

1.1 L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION ROUTIÈRE ET DES GRANDS TRAVAUX

L'industrie canadienne de la construction routière et des grands travaux emploie des dizaines de milliers de Canadiens et a généré en 2003 une activité économique évaluée à plus de 5 milliards de dollars. Les constructeurs de routes réalisent toutes sortes de travaux routiers, de la construction et la réfection de routes aux travaux préparatoires pour d'autres types de projets de construction. Les petites entreprises dominent l'industrie – environ 90 p. 100 des entreprises canadiennes de construction routière emploient 20 personnes ou moins. Il s'agit également d'une industrie très saisonnière, l'essentiel des activités ayant cours en été et à l'automne. Les entreprises de construction routière sont de grandes consommatrices de carburants variés, y compris de diesel et de mazout lourd. Elles consomment également du gaz naturel, mais dans une moindre mesure.

1.2 LE GUIDE D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

L'industrie canadienne de la construction routière est représentée par le Conseil des constructeurs de routes et grands travaux de l'Association canadienne de la construction (ACC). L'ACC représente le secteur de la construction non résidentielle au Canada et quelque 20 000 entreprises en sont membres.

Depuis qu'elle s'est jointe au Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) en 2002, l'ACC s'est employée à encourager les pratiques de construction durable, y compris la réduction de la consommation d'énergie.

Jusqu'à tout récemment, les coûts d'énergie, bien que considérables, ne constituaient pas un facteur déterminant pour l'industrie de la construction routière. Par conséquent, l'industrie avait, en général, fait peu d'efforts en vue de contrôler sa consommation d'énergie. En fait, l'industrie avait toujours intégré les coûts d'énergie dans les soumissions en estimant un prix fixe pour le carburant et en absorbant tous les frais de carburant additionnels pouvant être occasionnés par une hausse des prix du carburant entre le moment où la soumission était acceptée et la fin des travaux[1].

En avril 2004, le Conseil des constructeurs de routes et grands travaux de l'ACC a fait de la réduction de la consommation d'énergie l'une des priorités de l'industrie de la construction routière. Grâce au financement du PEEIC, l'ACC a conclu un contrat avec l'Athena Sustainable Materials Institute (ci-après l'Institut) en vue de travailler avec ses membres à l'élaboration d'un guide d'économie d'énergie à l'intention des entrepreneurs canadiens en construction routière. Les recommandations énoncées dans ce guide s'inspirent en partie d'une enquête sur la consommation d'énergie réalisée par l'Institut.

La section 2 du guide décrit la méthode d'enquête utilisée; la section 3 présente un sommaire des résultats de l'enquête et traite de leur importance par rapport à d'autres études; la section 4 donne un aperçu des mesures à prendre en vue de réduire la consommation d'énergie. Les participants à l'enquête sont énumérés à l'annexe A et l'annexe B est un exemple de formulaire d'enquête.

[1] Aux États-Unis, plusieurs services de voirie indemnisent les entrepreneurs pour les changements de prix importants ayant une incidence sur le coût du carburant entre le moment de l'octroi du contrat et la fin des travaux.

2

MÉTHODE

Dans le cadre de cette étude basée sur une enquête, cinq constructeurs de routes canadien
ont répondu à des questions concernant leur consommation d'énergie et leurs pratiques d'
d'énergie. Les cinq entreprises (voir l'annexe A) ont également contribué à l'élaboration de
d'enquête. La présente section décrit le processus et les outils utilisés ainsi que
les hypothèses avancées dans la collecte de renseignements sur la consommation d'énerg
routière. On y décrit les différents types de routes qui ont fait l'objet de l'étude ainsi
que les types et les quantités de matériaux utilisés et leurs distances de transport.

2.1 DEVIS DESCRIPTIF ET SCÉNARIOS DE RÉFECTION DES ROUTE

Les routes du Canada vont des routes de comté en gravier aux autoroutes. Ce document n
de deux types de routes – route rurale et artère urbaine –, tous deux constitués d'une surf
d'asphalte souple. Le tableau 1 montre les quantités de matériaux utilisées, selon les plans
de voie[2] (km de voie[2]) pour chaque catégorie de route, en fonction d'un indice portant ca

TABLEAU 1 QUANTITÉS DE MATÉRIAUX UTILISÉES POUR LA CHAUSSÉE (par kilomètre d

Structure de la chaussée	Route de catégorie 1 Route rurale secondaire	Route de catégorie 2 Artère urba
Asphalte (m^3)	413	863
Asphalte (tonnes) à 2,42 t/m^3	998	2 087
Ciment bitumineux (tonnes)	50	104
Agrégat (tonnes)	949	1 984
Base granulaire (m^3)	563	563
Base granulaire (tonnes) à 2,2 t/m^3	1 238	1 238
Fondation granulaire (m^3)	2 250	2 813
Fondation granulaire (tonnes) à 2,2 t/m^3	4 950	6 188

Nota : La largeur de voie est établie à 3,75 m

2 Un kilomètre de voie équivaut à une largeur de voie (une largeur de 3,75 mètres a été utilisée pour cette étude) pour une distance d
1 000 mètres.

3 L'essai d'indice portant californien (CBR) est un essai empirique qui a été conçu en Californie en vue d'estimer la valeur de portanc
de fondation et de forme des routes. L'échelle du CBR reflète la capacité portante du sol en fonction de son humidité et de sa densi
représente une faible valeur de portance qui aura des conséquences sur la conception des structures de route à chaussée souple.

traitera que
e de béton
ar kilomètre
ornien de 3[3].

es couches
Un CBR de 3

2.1.1 Réfection des chaussées souples en asphalte

Un revêtement d'asphalte est requis pour les chaussées souples en asphalte après 25 ans pour les routes de catégorie 1 et après 18 et 35 ans pour les routes de catégorie 2. Dans le cadre de la présente étude, on a supposé que la route de catégorie 1, une route rurale secondaire, devait recevoir son revêtement d'asphalte d'après 25 ans et que la route de catégorie 2, une artère urbaine, devait recevoir son revêtement d'asphalte d'après 35 ans (voir le tableau 2).

La procédure de réfection consiste à broyer toute la surface de la chaussée, à appliquer une couche de liaison sur la surface broyée, à poser à chaud une nouvelle surface d'asphalte à la machine et à compacter l'asphalte chaud à l'aide de rouleaux à roues d'acier lisses et de rouleaux à roues pneumatiques. Les matériaux comprennent l'enduit de liaison et l'asphalte chaud.

Dans le cas de la route de catégorie 1, on a supposé que le premier revêtement après 25 ans devait comprendre l'extraction d'une couche de 40 mm de l'asphalte existant pour remplacer celle-ci par une couche de 50 mm d'asphalte chaud. Pour ce qui est de la route de catégorie 2, il faudra enlever une couche de 80 mm de l'asphalte existant pour la remplacer par 100 mm d'asphalte chaud (appliqué en deux couches). Les quantités de matériaux de réfection sont indiquées au tableau 2.

Dans le cadre de l'étude, on a supposé que l'asphalte chaud utilisé pour la réfection des routes rurales (routes de catégorie 1) a été produit au moyen de centrales mobiles installées à un endroit convenable et que l'asphalte utilisé pour la réfection des routes urbaines (routes de catégorie 2) provenait d'installations permanentes de préparation d'asphalte. De façon générale, les agrégats bruts et les liants bitumineux sont livrés par camion à l'installation de production, le liant bitumineux étant habituellement livré chaud à l'état liquide et utilisé pendant qu'il est encore chaud. Les agrégats pour l'asphalte chaud sont séchés et chauffés avant d'être mélangés, après quoi les matériaux chauds peuvent être entreposés dans un silo isolé ou chargés immédiatement dans des camions pour être livrés au chantier routier.

Les camions de livraison déchargent le mélange chaud dans une asphalteuse qui répand le mélange sur la route. Le mélange chaud est compacté et nivelé au moyen de rouleaux compresseurs en acier et à pneus en caoutchouc. La quantité et la taille des rouleaux dépendent du temps qu'il fait, des quantités de matériaux utilisés et du type de mélange chaud, mais on utilise habituellement deux rouleaux compresseurs en acier et un rouleau à pneus en caoutchouc. Lorsqu'un enduit de liaison est utilisé, l'émulsion est souvent livrée au site dans un camion équipé d'une rampe de pulvérisation pour répandre l'enduit liquide.

TABLEAU 2 QUANTITÉS DE MATÉRIAUX NÉCESSAIRES À LA RÉFECTION DES REVÊTEMENTS D'ASPHALTE (par kilomètre de voie)

	Route de catégorie 1 Route rurale secondaire	Route de catégorie 2 Artère urbaine
Année	25	35
Épaisseur de l'asphalte enlevé (mm)	40	80
Asphalte enlevé (tonnes)	363	726
Épaisseur de la nouvelle couche d'asphalte (mm)	50	100
Asphalte (m^3)	188	375
Asphalte (tonnes) à 2,42 t/m^3	454	908
Ciment bitumineux (tonnes)	23	45
Agrégats (tonnes)	431	863

2.1.2 Distances représentatives de transport des matériaux

Les distances de transport des matériaux peuvent varier considérablement d'un bout à l'autre du pays, selon leur disponibilité et leur proximité du site. Pour tenir compte des variations dans les distances de transport et ainsi normaliser les rapports de consommation d'énergie des participants, des distances de transport ont été préétablies pour les besoins de l'étude (tableau 3).

TABLEAU 3 DISTANCES DE TRANSPORT DES MATÉRIAUX

	Route de catégorie 1 Route rurale secondaire	Route de catégorie 2 Artère urbaine
Asphalte brut vers une centrale mobile	200 km	
Asphalte brut vers une installation permanente		80 km
Agrégats vers une centrale mobile	0 km*	
Agrégats vers une installation permanente		60 km
Béton d'asphalte chaud vers le site des travaux routiers	30 km	45 km
Asphalte sorti du site des travaux routiers	60 km	70 km

* La valeur zéro reflète la pratique de l'industrie qui consiste à réduire les exigences de transport en installant une centrale mobile de malaxage d'asphalte tout près d'une source d'agrégats.

2.2 ENQUÊTE

L'enquête s'est limitée aux éléments de la construction routière sur lesquels les participants exerçaient un certain contrôle (p. ex., l'étude n'a pas tenu compte de l'énergie utilisée pour la fabrication du bitume). Par conséquent, il a fallu segmenter le processus de réfection des routes en parties bien définies afin d'établir la consommation d'énergie liée aux différentes activités. L'accent a été mis sur les trois principales activités de la réfection des routes :

- le mélange des agrégats et l'émulsion d'asphalte chaud (bitume) à l'installation de malaxage d'asphalte;
- le transport des matériaux et le transport du personnel vers le site;
- l'utilisation de la machinerie lourde sur le site.

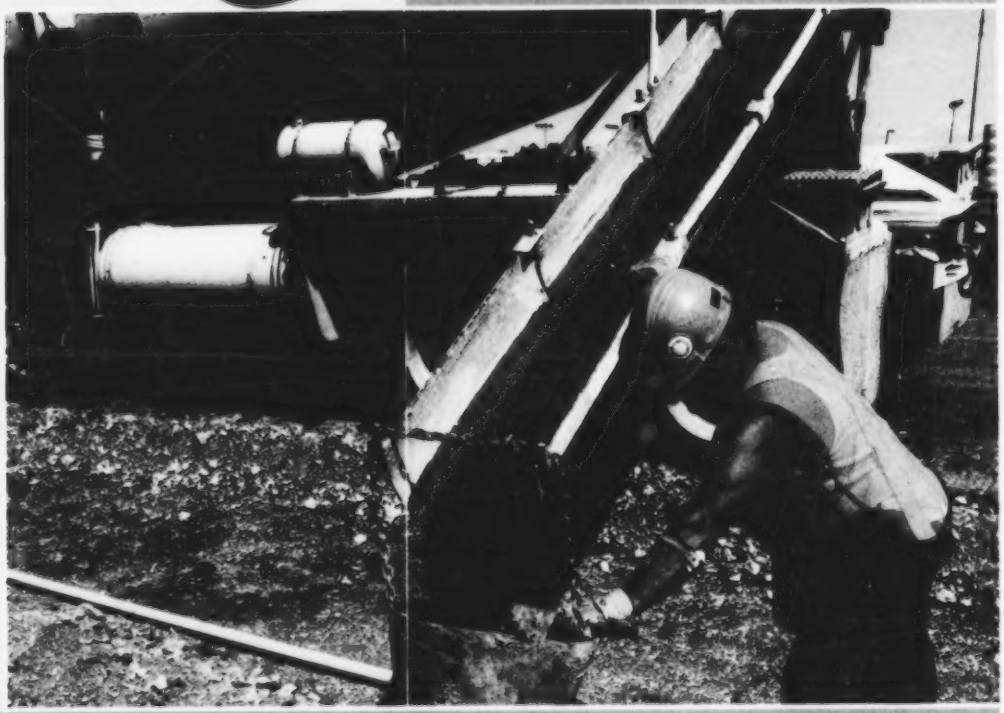
On a cherché à collecter des données sur la consommation d'énergie des participants, ainsi que de l'information sur leurs pratiques d'économie d'énergie.

On a posté le formulaire d'enquête aux cinq entreprises de construction routière participantes. L'Institut a préparé un résumé des données reçues et retourné un résumé des données individuelles, ainsi que l'ensemble des résultats, à chacune des entreprises participantes. Les participants ont ainsi été en mesure de comparer leurs données aux moyennes du groupe. Ce processus a facilité le repérage des données aberrantes et la correction des données erronées.

Un exemplaire de l'enquête figure à l'annexe B.

3

RÉSULTATS

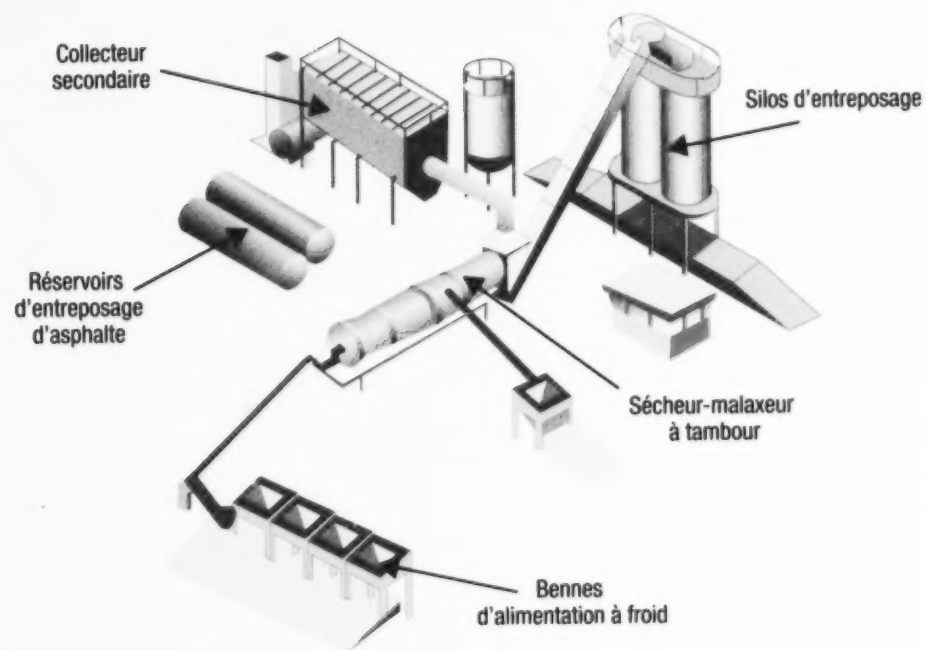


Cette section résume les résultats de l'enquête se rapportant à la consommation d'énergie dans la production et le transport des matériaux de construction routière et le transport du personnel d'entretien affecté aux routes de catégories 1 et 2. On y résume également les données sur la consommation d'énergie de la machinerie lourde utilisée sur le site pour broyer la surface existante, convoyer et compacter les nouveaux matériaux. La production du béton d'asphalte chaud est considérée comme le principal facteur de consommation d'énergie du processus de réfection des routes.

3.1 INSTALLATIONS DE PRÉPARATION DE L'ASPHALTE CHAUD

Le béton d'asphalte chaud est un mélange d'agrégats (pierre concassée, gravier et sable) et de liant routier. Le pourcentage de liant routier du mélange peut varier, mais il se situe habituellement entre 4 et 6 p. 100 par charge (aux fins de l'étude, le pourcentage de liant a été estimé à 5 p. 100 compte tenu des quantités de matériaux utilisés). Les installations peuvent être mobiles ou permanentes et utiliser un mélangeur en discontinu ou à tambour. La figure 1 présente un schéma d'installation permanente type de malaxage d'asphalte.

FIGURE 1 DISPOSITION D'UNE INSTALLATION PERMANENTE TYPE DE MALAXAGE D'ASPHALTE CHAUD



Source : National Asphalt Pavement Association

Les cinq participants à l'enquête ont fourni des renseignements sur la consommation d'énergie pour un total de sept installations de préparation d'asphalte chaud (cinq installations mobiles et deux permanentes). Pour assurer la confidentialité, on a dû réunir les sept installations en un seul groupe, empêchant ainsi la production de rapports sur un type d'installation particulier.

La production des installations pouvait varier entre 12 000 et 250 000 tonnes par année. Le tableau 4 présente la consommation moyenne de carburant par tonne d'asphalte chaud ainsi que la consommation d'énergie selon le type de carburant. Le gaz naturel et l'huile usée sont les combustibles les plus utilisés dans la préparation de l'asphalte chaud et représentent presque 75 p. 100 de l'énergie totale consommée dans une installation. Il est à noter que malgré les frais peu élevés de consommation d'électricité déclarés, toutes les installations mobiles ayant participé à l'enquête utilisent des génératrices au diesel pour répondre à leurs besoins en électricité sur place. Une petite part de toute l'énergie consommée aux installations participantes était attribuable à l'équipement mobile utilisé sur place (les chargeuses, par exemple). Bien que la consommation d'énergie moyenne des sept installations ait été établie à 406 mégajoules (MJ) par tonne d'asphalte chaud, la plus faible consommation a été de 356 MJ par tonne et la plus élevée, de 443 MJ par tonne.

TABLEAU 4 CONSOMMATION MOYENNE D'ÉNERGIE PAR TONNE D'ASPHALTE CHAUD

	Unité de mesure	Quantité	Équivalent énergétique (MJ)
Gaz propane liquide	L	0,52	13,85
Mazout lourd	L	0,72	30,12
Diesel	L	1,24	48,07
Huile usée	L	2,95	123,43
Électricité	kWh	2,12	12,98
Gaz naturel	m^3	4,66	177,21
		Total	**405,66**

Nota : Pouvoir calorifique plus élevé pour le mazout et l'huile selon la conversion des quantités en MJ : gaz naturel (38.03 MJ/m^3), diesel (38,77 MJ/L), mazout lourd et huile usée (41.84 MJ/L), gaz propane liquide (26.64 MJ/L) et énergie primaire de l'électricité (6.12 MJ/kWh).

On estime à un peu plus de 500 le nombre d'installations de préparation d'asphalte chaud au Canada, produisant de 30 à 31 millions de tonnes d'asphalte annuellement. L'Ontario possède la plus grande concentration d'installations (28 p. 100) et produit environ 40 p. 100 de tout le béton d'asphalte du pays. La majorité des installations de préparation d'asphalte du Canada ont plus de 30 ans et sont en général des installations à production discontinue, produisant entre 180 et 240 tonnes d'asphalte à l'heure (t/h). Les nouvelles centrales mobiles, qui produisent 400 t/h, consomment environ 7,4 L/tonne de combustible (environ 300 MJ/tonne) lorsqu'elles traitent des agrégats dont la teneur en humidité est de 5 p. 100[4].

Selon les données sur les installations mobiles participantes, la consommation de combustible de ces dernières s'établit entre 7 L (280 MJ) et 11 L (440 MJ), pour une moyenne de 9,2 L (368 MJ). Les combustibles liquides utilisés comprennent le mazout lourd, le diesel et l'huile usée.

[4] *Multi-pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAF) for the Hot-Mix Asphalt Sector* (rapport final) par Canadian ORTECH Environmental Inc. et John Emery Geotechnical Engineering Limited (JEGEL), mars 2000, p. 67.

3.2 TRANSPORT DES MATÉRIAUX ET DU PERSONNEL

Le tableau 5 illustre la quantité de carburant consommée pour transporter les matériaux et le personnel vers le site selon le type de route, en utilisant les mêmes quantités de matériaux que celles définies au tableau 2 et les mêmes distances que celles établies au tableau 3.

Les résultats de l'enquête pour la route de catégorie 1 (route rurale secondaire) indiquent qu'au total, 1 222 L de diesel et 156 L d'essence sont consommés pour transporter les matériaux et les travailleurs en direction et en provenance du site. Le transport de l'asphalte broyé provenant de la chaussée existante est l'activité qui consomme le plus d'énergie (38 p. 100), suivie de près par le transport du béton d'asphalte chaud vers le chantier (31 p. 100), puis par le transport des travailleurs (20 p. 100). Le transport du liant routier liquide vers l'installation de préparation d'asphalte représente la plus petite part (11 p. 100) de toute l'énergie consommée pour la réfection d'un kilomètre de voie d'une route de catégorie 1. La quantité d'énergie consommée pour le transport des agrégats est négligeable, puisque la pratique de l'industrie consiste à installer des centrales mobiles de préparation d'asphalte tout près de la source d'agrégats, minimisant ainsi le transport de ce matériau.

La dernière colonne du tableau 5 montre le rapport entre la valeur la plus élevée et la valeur la plus basse à l'égard de chaque activité de transport comprise dans la réfection d'un kilomètre de voie de la route de catégorie 1. Il est manifeste qu'un certain écart existe entre les différents niveaux de consommation d'énergie en ce qui concerne le transport. Cet écart peut être attribuable au petit nombre de participants à l'étude (cinq) et aux différences climatiques et géographiques, ainsi qu'à la capacité de roulage et à l'âge des véhicules utilisés.

TABLEAU 5 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ATTRIBUABLE AU TRANSPORT, SELON LE TYPE DE ROUTE (par kilomètre de voie)

Route de catégorie 1 (route rurale secondaire)	Unité de mesure	Type de carburant	Quantité moyenne	Écart		Rapport
				Plus basse	Plus élevée	
Transport de l'asphalte liquide	L	Diesel	149	83	225	2,7
Transport des agrégats	L	Diesel	0	0	0	–
Transport de l'asphalte chaud	L	Diesel	434	213	500	2,3
Asphalte broyé provenant du site	L	Diesel	519	323	870	2,7
Transport des travailleurs	L	Essence	156	90	270	3,0
Transport des travailleurs	L	Diesel	120	120	120	1,0
Total – diesel	**L**		**1 222**	**837**	**1 370**	**1,6**
Total – essence	**L**		**156**	**90**	**270**	**3,0**

Route de catégorie 2 (artère urbaine)	Unité de mesure	Type de carburant	Quantité moyenne	Écart		Rapport
				Plus basse	Plus élevée	
Transport de l'asphalte liquide	L	Diesel	72	41	116	2,8
Transport des agrégats	L	Diesel	884	729	1 140	1,6
Transport de l'asphalte chaud	L	Diesel	1 298	1 100	2 014	1,8
Asphalte broyé provenant du site	L	Diesel	1 214	713	2 496	3,5
Transport des travailleurs	L	Essence	72	46	110	2,4
Transport des travailleurs	L	Diesel	100	100	100	1,0
Total – diesel	**L**		**3 568**	**2 751**	**4 655**	**1,7**
Total – essence	**L**		**72**	**46**	**110**	**2,4**

Pour ce qui est de la route de catégorie 2 (artère urbaine), l'enquête a révélé qu'au total, 3 568 L de diesel et 72 L d'essence ont été consommés pour transporter les matériaux et les travailleurs en direction et en provenance du chantier routier. Le transport du béton d'asphalte chaud vers le chantier a été l'activité à l'origine de la plus grande consommation d'énergie (36 p. 100), suivie du transport de l'asphalte broyé provenant de la chaussée existante (33 p. 100). La troisième plus grande consommation d'énergie a été attribuée au transport des agrégats (24 p. 100), tandis que le transport des travailleurs est arrivé au quatrième rang avec seulement 5 p. 100 de la consommation d'énergie. Ici encore, c'est le transport de l'asphalte liquide vers l'installation de préparation d'asphalte qui a exigé la plus petite consommation (2 p. 100) de toute l'énergie consommée pour la réfection d'un kilomètre de voie d'une route de catégorie 2.

3.3 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ATTRIBUABLE À L'UTILISATION DE LA MACHINERIE LOURDE SUR LE SITE

Le processus de réfection des routes comprend le broyage de toute la surface de la chaussée, l'application d'un enduit de liaison sur la surface broyée, la mise en place mécanique d'une nouvelle surface d'asphalte chaud et le compactage de l'asphalte chaud au moyen de rouleaux compresseurs à billes lisses en acier et à pneus. Dans le cadre de l'enquête, tous les participants ont été invités à consigner la consommation de carburant (diesel) à l'heure des différents types de machinerie lourde utilisés, en plus d'estimer le nombre d'heures-machine nécessaire pour accomplir chaque activité de réfection d'un kilomètre de voie de chaque type de route. La consommation d'énergie totale de la machinerie lourde sur le chantier a été estimée en multipliant la consommation de carburant à l'heure des machines par le temps requis pour chaque activité nécessitant leur utilisation. Le tableau 6 présente un sommaire de la consommation de carburant de la machinerie lourde selon le type de route.

TABLEAU 6 ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LA MACHINERIE LOURDE SELON LE TYPE DE ROUTE (par kilomètre de voie)

	Unité de mesure	Quantité moyenne	Écart		Rapport
			Plus basse	Plus élevée	
Route de catégorie 1	L	484	326	601	1,8
Route de catégorie 2	L	819	622	1 293	2,1

Comme prévu, les routes de catégorie 2 ont nécessité une plus grande consommation d'énergie. Toutefois, cette consommation n'a pas été le double de celle qu'ont nécessité les routes de catégorie 1, malgré l'écart considérable entre les quantités de matériaux utilisées. Par conséquent, il semble que certaines économies peuvent être réalisées selon l'épaisseur de la couche de béton d'asphalte.

3.4 SOMMAIRE DE L'ENQUÊTE SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Le tableau 7 présente un sommaire des résultats de l'enquête sur la consommation totale d'énergie par activité de réfection pour chaque type de routes. Il faut environ 247 gigajoules (GJ) et 538 GJ, respectivement, pour refaire un kilomètre de voie de route de catégorie 1 et de route de catégorie 2. Afin d'illustrer cette consommation d'énergie, la quantité d'énergie consommée pour la réfection d'une route de catégorie 1 ou 2 équivaut à la quantité d'énergie que consommerait en moyenne une voiture[5] pour parcourir 80 620 km ou 175 280 km, respectivement. Si l'on suppose qu'une voiture parcourt en moyenne environ 20 000 km par année, on peut estimer que la réfection d'un kilomètre de voie de route de catégorie 1 ou 2 équivaut à quatre ou neuf années de conduite automobile, respectivement.

Pour les deux types de routes, la production du béton d'asphalte s'est avérée l'activité la plus énergivore du processus de réfection, représentant environ 70 p. 100 de la totalité de l'énergie consommée. Le transport a nécessité entre 20 et 25 p. 100 de la totalité de la consommation d'énergie, tandis que l'utilisation de la machinerie lourde a exigé moins de 10 p. 100 de l'énergie totale consommée. Les valeurs de consommation d'énergie pour ces deux activités ont été manifestement plus variables que celles relevées aux installations de préparation d'asphalte, ce qui pourrait indiquer que l'industrie est beaucoup plus sensible à l'importance de la consommation d'énergie aux installations de préparation d'asphalte et, par conséquent, porte une plus grande attention au contrôle de celle-ci. De plus, bien que la grande consommation d'énergie aux installations de préparation d'asphalte semble indiquer que les programmes d'économie d'énergie viseraient davantage ce type d'activité, les écarts plus prononcés entre les niveaux de consommation d'énergie qui ont été déclarés pour le transport et l'utilisation de la machinerie lourde portent à croire qu'il y aurait de plus grandes possibilités d'économie d'énergie dans ces domaines.

TABLEAU 7 CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE SELON LE TYPE DE ROUTE (par kilomètre de voie)

Route de catégorie 1 (route rurale secondaire)	Unité de mesure	Quantité moyenne	(%)	Écart		Rapport
				Plus basse	Plus élevée	
Installation de préparation d'asphalte	MJ	180 728	73	161 637	194 744	1,2
Transport	MJ	48 031	19	26 443	66 166	2,5
Utilisation de la machinerie lourde sur le chantier	MJ	18 756	8	14 713	23 301	1,6
Total	**MJ**	**247 516**	**100**	**239 178**	**252 792**	**1.1**

Route de catégorie 2 (artère urbaine)	Unité de mesure	Quantité moyenne	(%)	Écart		Rapport
				Plus basse	Plus élevée	
Installation de préparation d'asphalte	MJ	369 620	69	323 275	389 488	1,2
Transport	MJ	136 735	25	104 867	213 094	2,0
Utilisation de la machinerie lourde sur le chantier	MJ	31 765	6	24 099	50 110	2,1
Total	**MJ**	**538 120**	**100**	**520 243**	**586 479**	**1,1**

[5] Selon une consommation de 8,8 L d'essence par 100 km (8,8 L × 34,87 MJ/L d'essence = 307 MJ).

4

POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

La présente section traite brièvement des différentes options en matière d'asphalte chaud et présente des recommandations en vue de réduire la consommation d'énergie pour les trois principaux processus de réfection routière : la préparation de l'asphalte chaud, le transport des matériaux et du personnel et l'utilisation de la machinerie lourde sur le chantier. Les recommandations ont été inspirées de l'enquête sur la consommation d'énergie, d'une étude publiée sur Internet et des suggestions formulées par les participants à l'enquête.

4.1 SOLUTIONS DE RECHANGE À L'ASPHALTE CHAUD

Comme on l'a vu dans la section précédente, les activités qui ont lieu dans les installations de préparation d'asphalte chaud exigent une plus grande consommation d'énergie que toute autre activité de l'industrie de la réfection routière. Avant d'aborder la question des pratiques et des techniques d'économie d'énergie pouvant être mises en application dans les installations de préparation d'asphalte chaud, il vaudrait la peine d'examiner quelles solutions de rechange au béton d'asphalte chaud pourraient permettre de réaliser des économies d'énergie plus considérables et dans l'immédiat.

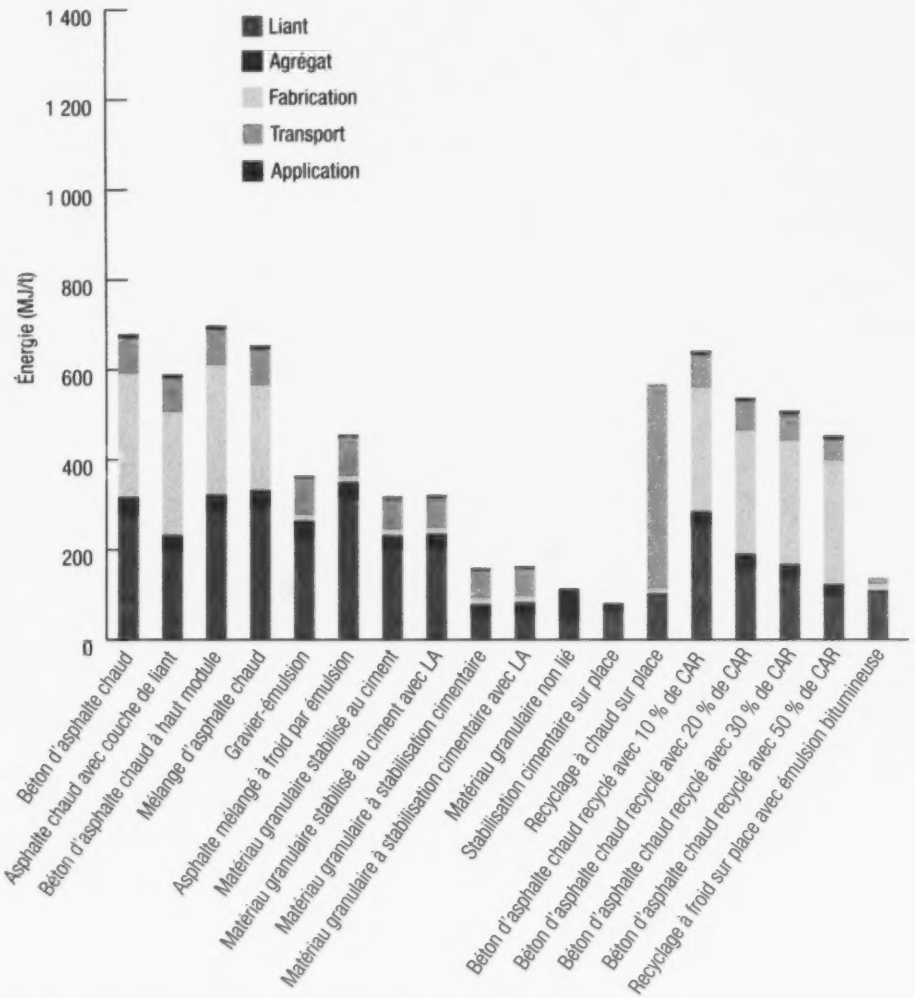
Pour ce faire, le Colas Group (septembre 2003) a analysé deux études sur l'évaluation du cycle de vie – l'une réalisée par le Swedish Environmental Research Institute et l'autre par l'Athena Sustainable Materials Institute –, y a apporté ses propres connaissances techniques et a produit un rapport intitulé *The Environmental Road of the Future*. La figure 2 (à la page 16 de ce guide) présente un sommaire de la consommation d'énergie par tonne de différents matériaux routiers en fonction d'un cycle de vie de 30 ans, allant du gravier naturel aux chaussées de béton. Dans cette figure, la consommation d'énergie est répartie selon l'activité, soit la fabrication du liant, la production des agrégats, la fabrication du matériau (mélange des agrégats et du liant), le transport du matériau vers le chantier et son application. Le tableau 8 (à la page 17 de ce guide) présente les données d'estimation ponctuelle sous-jacentes de la figure 2.

Il est à noter qu'un nombre considérable de données techniques ont été utilisées dans cette étude européenne axée sur le cycle de vie, de même que des valeurs calorifiques inférieures pour les combustibles, ce qui rend difficile les comparaisons avec les résultats de l'enquête. Néanmoins, elle a permis d'établir certaines différences techniques relatives entre divers types de matériaux.

La première barre de la figure 2 représente le béton d'asphalte chaud classique. La « méthode de mélange à froid », une toute nouvelle technique, est illustrée par la sixième barre du graphique. Cette méthode met pratiquement fin à l'utilisation d'installations traditionnelles de préparation d'asphalte et permet de réaliser une économie d'énergie de 30 p. 100 par rapport à l'emploi du béton d'asphalte chaud classique. Une autre technique de réfection qui gagne en popularité en Amérique du Nord consiste à recycler à chaud sur place l'asphalte de la surface existante (barre 15) au moyen d'une chaine de production. Essentiellement, la chaussée existante est broyée jusqu'à une profondeur déterminée, le matériau est réchauffé, du liant et des agrégats y sont ajoutés, puis le matériau est remis en place. Cette méthode permet non seulement de réduire la consommation totale d'énergie de 15 p. 100 par tonne d'asphalte posée, mais aussi d'épargner une grande quantité de ressources. La combinaison des méthodes du recyclage sur place et du mélange à froid permettrait de réaliser des économies d'énergie pouvant atteindre 80 p. 100 par rapport à l'emploi traditionnel de l'asphalte chaud.

Ces nouvelles techniques ne sont que des exemples des possibilités qui s'offrent dans le domaine. Bien que prometteuses, ces nouvelles méthodes de réfection routière exigent un certain investissement dans du nouvel équipement de même que des modifications aux pratiques. De plus, il se peut que ces méthodes ne satisfassent pas toujours aux normes de réfection routière pour tous les types de routes. Il faudrait procéder à un examen plus approfondi de ces nouvelles techniques dans le but d'en déterminer les éventuels avantages et de mieux comprendre comment elles s'appliqueraient aux différentes catégories de routes.

FIGURE 2 CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR TONNE DE MATÉRIAU



Nota : LA = Liant actif, CAR = Chaussée d'asphalte récupérée

Source : *The Environmental Road of the Future, Life Cycle Analysis* par M. Chappat et Julian Bilal. Colas Group, 2003, p. 34

TABLEAU 8 CONSOMMATION D'ÉNERGIE SELON LE TYPE DE MATÉRIAU (MJ/tonne)

Produit	Liant	Agrégat	Fabrication	Transport	Application	Total
Béton d'asphalte chaud	279	38	275	79	9,0	680
Asphalte chaud avec couche de liant	196	36	275	75	9,0	591
Béton d'asphalte chaud à haut module	284	38	289	79	9,0	699
Mélange d'asphalte chaud	294	38	234	80	9,0	654
Gravier-émulsion	227	37	14	81	6,0	365
Asphalte mélangé à froid par émulsion	314	36	14	86	6,0	457
Matériau granulaire stabilisé au ciment	200	32	14	67	6,0	319
Matériau granulaire stabilisé au ciment avec LA	203	32	14	67	6,0	323
Matériau granulaire à stabilisation cimentaire	50	29	14	61	6,0	160
Matériau granulaire à stabilisation cimentaire avec LA	54	29	14	61	6,0	164
Matériau granulaire non lié	0	40	0	68	6,0	113
Stabilisation cimentaire sur place	63	0	0	7	12,0	81
Recyclage à chaud sur place	98	4	0	12	456,0	570
Béton d'asphalte chaud recyclé avec 10 % de CAR	250	35	275	73	9,0	642
Béton d'asphalte chaud recyclé avec 20 % de CAR	157	33	275	64	9,0	538
Béton d'asphalte chaud recyclé avec 30 % de CAR	137	30	275	58	9,0	510
Béton d'asphalte chaud recyclé avec 50 % de CAR	98	25	275	47	9,0	454
Recyclage à froid sur place avec émulsion bitumineuse	105	4	0	15	15,0	139

Nota : LA = Liant actif, CAR = Chaussée d'asphalte récupérée

Source : *The Environmental Road of the Future, Life Cycle Analysis* par M. Chappat et Julian Bilal, Colas Group, 2003, p. 34

4.2 POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POUR LES INSTALLATIONS DE PRÉPARATION D'ASPHALTE

La consommation d'énergie dans les installations de préparation d'asphalte relève de plusieurs facteurs, de la température ambiante et la teneur en humidité des agrégats à l'efficacité du système de combustion lui-même. L'objectif est de contrôler tous ces facteurs le plus possible afin d'obtenir un rendement efficace des combustibles.

Dans un contexte d'économie d'énergie, il est de la plus haute importance de s'assurer que l'installation de préparation d'asphalte fonctionne efficacement. L'Ontario Hot Mix Producers Association et l'Association canadienne de la construction (ACC) ont publié des guides de pratiques écologiques exemplaires pour l'industrie de l'asphalte chaud[6], de même que l'Asphalt Institute des États-Unis. L'attention portée au contrôle et à la réduction des émissions attribuables à la combustion tient au maintien ou à l'accroissement de l'efficacité énergétique de l'installation de préparation d'asphalte, en plus de l'utilisation de dispositifs de contrôle des émissions. Les mesures opérationnelles suivantes peuvent contribuer au maintien ou à l'amélioration de l'efficacité énergétique :

- Consigner la consommation de combustible : tenir un registre de la consommation d'énergie de l'installation de préparation d'asphalte, dont des notes sur les conditions météorologiques actuelles, ou se procurer un compteur de combustible. Une lecture de la consommation de combustible peut être comparée en tout temps à la quantité de combustible que le brûleur devrait brûler.
- Minimiser les fuites d'air dans l'ensemble du système (les fuites d'air plus éloignées de la chambre de combustion réduisent davantage l'efficacité énergétique que celles qui en sont plus près).
- Instaurer des procédures de détection et de colmatage des fuites.
- Isoler tous les conduits et les réservoirs dont la chaleur doit être maintenue. Cette méthode peu coûteuse et facile à réaliser permet une économie d'énergie (tous les matériaux isolants doivent être étanches).
- Nettoyer régulièrement les dispositifs de transfert de chaleur (bobines et ailettes).
- Calibrer chaque année les brûleurs des installations permanentes de préparation d'asphalte ainsi que ceux des installations mobiles (annuellement ou au moment de leur montage, selon la première éventualité).
- Faire en sorte que les ventilateurs et les régulateurs de tirage fonctionnent conjointement en vue d'assurer une admission adéquate d'air de combustion pour tous les taux de production et les températures d'air ambiant.
- S'assurer que la température de production soit conforme aux guides de températures de production d'asphalte.
- Stocker les agrégats sous couvert ou dans un silo afin de réduire la réhumidification et, si possible, favoriser le séchange à l'air des agrégats.
- S'assurer que le système de compression d'air fonctionne à la pression d'air pratique la plus basse.

[6] (1) Le guide des pratiques écologiques pour l'industrie de la production d'asphalte publié par l'Association canadienne de la construction; (2) *Multi-pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAF) for the Hot-Mix Asphalt Sector* préparé par ORTECH et JEGEL pour Environnement Canada et le Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2002 et (3) *Environmental Practices Guide for Ontario Hot-Mix Asphalt Plants*, 2e édition, 2002, publié par l'Ontario Hot Mix Producers Association représentent trois excellentes sources d'information sur la réduction de la consommation d'énergie dans une installation de préparation d'asphalte.

- Remplacer les appareils à feu direct par des brûleurs scellés à 100 p. 100, lesquels pe permettre des économies d'énergie de 10 à 20 p. 100 comparativement aux appareil
- Au moment de remplacer une installation ou certains de ses composants essentiels, d'utiliser des composants dont les dimensions sont appropriées. Si une installation en vue de permettre une production accrue à une date ultérieure, celle-ci peut, entr quand même exploitée à une charge partielle; dans ces circonstances, l'installation e moins efficace que lorsqu'elle fonctionne à plein régime.

ent
feu direct.
ssurer
té conçue
temps, être
souvent

4.3 POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POUR LE TRANSPORT ET LA MACHINERIE LOURDE

Le transport est l'activité qui arrive au second rang quant à la quantité d'énergie consomm domaine de la réfection routière, suivie par l'utilisation de la machinerie lourde. Nous av ces deux composantes de machinerie mobile parce qu'elles comptent beaucoup de points lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre des stratégies et des pratiques d'économie d'énergie. L mesures d'efficacité énergétique a été tirée d'un bon nombre de sources différentes, y com Écoflotte de Ressources naturelles Canada et de différents sites Web de fabricants de mach Pour tirer le meilleur parti des composantes de transport et d'exploitation de la machiner il est essentiel d'établir et de mettre au point de façon continue des programmes d'entreti opérationnelles et des programmes de remplacement de véhicule et d'équipement adéqua liste de lignes directrices possibles en matière d'économie d'énergie que l'industrie devrai

e dans le
s combiné
commun
iste des
ris du site
nerie lourde.
lourde,
, des pratiques
. Voici une
nvisager :

- Élaborer et mettre en œuvre un programme d'entretien préventif pour les véhicule
- Opter pour des lubrifiants synthétiques qui peuvent améliorer l'efficacité énergétiq la friction et en prolongeant le cycle de vie des véhicules et de la machinerie.
- Instaurer un nouveau programme de formation pour les conducteurs et les opérat de renforcer leurs compétences et pour les aider à mieux comprendre les conséque habitudes de conduite et d'opération sur la consommation de carburant (voir les n au ralenti prolongée et de limite de vitesse ci-dessous).
- Consigner les données sur la consommation de carburant des véhicules et de la ma afin de repérer plus facilement les fuites de carburant et les mauvais rendements d d'une flotte.
- Si possible, augmenter le cycle d'utilisation des véhicules et des machines lourdes l et réduire celui des véhicules et des machines lourdes les moins efficaces.
- Si possible, combiner les charges des plus petits véhicules en une charge pour un p (évaluer les niveaux d'utilisation et de chargement sur une période prolongée afin la machine ou le véhicule approprié lorsque viendra le temps de remplacer l'équip
- Éviter la marche au ralenti prolongée : établir une politique d'entreprise concernar de marche au ralenti et en assurer le suivi. Un véhicule routier typique peut consor 2 et 2,5 L de carburant par heure de marche au ralenti. Des études ont démontré q être plus rentable de couper le moteur d'un véhicule et de le redémarrer dans les t qui suivent que de le laisser tourner.

e en réduisant

rs dans le but
es de leurs
sures de marche

inerie lourde
véhicules

plus efficaces

s gros véhicule
sélectionner
nent existant).

le temps
mer entre
il pouvait
s minutes

- Imposer des limites de vitesse pour les véhicules afin qu'ils fonctionnent dans les limites de leur efficacité énergétique, et envisager de changer le réglage du contrôleur d'accélération (peut être effectué sur la machinerie lourde, lorsque cela est permis).
- Remplir les réservoirs de carburant à 95 p. 100 de leur capacité pour permettre l'expansion et éviter les déversements.
- Au moment d'acheter du nouvel équipement, opter pour un moteur qui présente le meilleur rendement énergétique et choisir de l'équipement dont les dimensions permettront d'assurer les charges et les capacités de fonctionnement les plus efficaces.

4.4 RESSOURCES INTERNET

Voici un tableau énumérant les ressources Internet utiles ayant servi à compléter la présente section.

Organisation	Site Web
Asphalt Contractor	www.asphalt.com
Asphalt Institute	www.asphaltinstitute.org
Asphalt Pavement Alliance	www.asphaltalliance.com
Association canadienne de la construction	www.cca-acc.com
Association technique canadienne du bitume	www.ctaa.ca
Colas	www.colas.fr
National Asphalt Pavement Association	www.hotmix.org
Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique, Écoflotte	oee.rncan.gc.ca/ecoflotte
Ontario Hot Mix Producers Association	www.ohmpa.org

ANNEXE A – PARTICIPANTS

Wayne Morsky
Morsky Earthmoving Ltd.
299, rue Sherwood
B.P. 4586
Regina (Saskatchewan)
S4P 3Y3
(306) 949-3099 (téléphone)
(306) 543-8077 (télécopieur)
wayne@morsky.ca

Tom Brown, vice-président principal
Ledcor Alberta Limited
Edmonton (Alberta)
(780) 462-4211 (téléphone)
(780) 437-7140 (télécopieur)
tom.brown@ledcor.com

Barry Brown, président
Maple Leaf Construction Ltd.
Winnipeg (Manitoba)
(204) 783-7091 (téléphone)
(204) 786-3106 (télécopieur)
barry@mapleleafconstruction.mb.ca

Jean-Martin Croteau, directeur technique
Miller Paving Ltd.
Markham (Ontario)
(905) 475-6660 (téléphone)
(416) 505-7916 (cellulaire)
(905) 475-7160 (télécopieur)
jmcroteau@millergroup.ca

Fred J. Penney, vice-président
Penney Paving Ltd.
B.P. 806
Grand Falls-Windsor (Terre-Neuve-et-Labrador)
A2A 2M4
(709) 489-3072
fjpenney@nf.sympatico.ca

Allan Barilla
(306) 536-3103 (téléphone)
allan@morsky.ca

Allan Mills
allan.mills@ledcor.com

ANNEXE B – FORMULAIRE D'ENQUÊTE

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX – PAGE 1 DE 4

FORMULAIRE D'ENQUÊTE SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES CONSTRUCTEURS ROUTIERS CANADIENS

Nom de l'entreprise	
Personne-ressource	
Coordonnées	**Téléphone**
	Télécopieur
	Courriel

Cette enquête vise à recueillir des renseignements sur la consommation d'énergie relative aux trois processus de construction utilisés dans la réfection de deux types de routes. Les trois processus sont le mélange d'asphalte chaud (dans des installations permanentes ou mobiles), les activités de transport des matériaux et l'utilisation de machineries lourdes. Les deux types de routes sont :

1. Les routes rurales secondaires de catégorie 1
2. Les artères urbaines de catégorie 2

La mesure de base pour chaque type de route est un kilomètre de voie d'une largeur de 3,75 m. Le scénario de réfection se limite au resurfaçage des deux types de routes.

Ce cahier d'enquête est composé de quatre feuilles de travail – une feuille par processus et la présente feuille de renseignements généraux. Les questions sur la feuille se rapportant aux installations de préparation d'asphalte ont été formulées sans égard à la catégorie de route, puisque cette page ne sert qu'au calcul de la consommation moyenne de combustible nécessaire à la production d'une tonne d'asphalte à chaud. Les deux autres feuilles doivent être remplies en tenant compte des différentes quantités de matériaux nécessaires à la réfection de chacune des deux catégories de route.

Veuillez remplir tous les champs en jaune et indiquer directement sur la feuille toute information qui s'écarterait des renseignements demandés.

Pour toute question concernant le formulaire d'enquête, veuillez communiquer avec Jamie Meil, au (613) 523-1020 (tél.), ou par courriel, à l'adresse jkmeil@sympatico.ca.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE ATTRIBUABLE AUX INSTALLATIONS DE PRÉPARATION D'ASPHALTE – PAGE 2 DE 4

Cette feuille sert à calculer la consommation de combustible par tonne de mélange d'asphalte produite

Type d'installation (Marquer la case appropriée d'un X)	**Permanente**	**Mobile**

Production d'asphalte		
Annuelle (permanente)	(tonnes/année)	
Toute quantité propre à une activité (mobile)*		(tonnes/activité)

* peut être pour une activité réalisée antérieurement, de 5 000 tonnes ou plus

Consommation d'énergie			
	Permanent Annuelle	**Mobile** Quantité particulière(**)	**Unités**
Quantité annuelle précise			
Achat d'électricité			kWh
Gaz naturel			pi^3 ou m^3
Mazout lourd			gal. ou litres
Mazout moyen			gal. ou litres
Diesel			gal. ou litres
Autre (précisez)			

(**) selon la quantité indiquée dans la cellule C9

Technique de réduction des émissions atmosphériques Précisez (p. ex., chambre de filtres à sac, dépoussiéreur)

REMARQUES Commentaires

ÉNERGIE CONSACRÉE AU TRANSPORT – PAGE 3 DE 4

	Unités	Route de cat. 1	Route de cat. 2	
Distance type de transport				
Asphalte liquide vers centrale mobile	km – aller	200		Compte tenu des distances de transport, aller seulement...
Asphalte liquide vers installation perm.	km – aller		80	
Agrégats vers centrale mobile	km – aller	0		
Agrégats vers installation perm.	km – aller		60	
Asphalte chaud vers site des travaux	km – aller	30	45	
Asphalte broyé de la route existante	km – aller	60	70	
Quantités de matériaux				
Asphalte liquide vers centrale mobile	tonnes	23		et quantités de matériau selon le type de route...
Asphalte liquide vers installation perm.	tonnes		45	
Agrégats vers centrale mobile	tonnes	431		
Agrégats vers installation perm.	tonnes		863	
Asphalte chaud vers site des travaux	tonnes	454	908	
Asphalte broyé de la route existante	tonnes	363	726	
Consommation de diesel				Estimer la consommation de carburant selon l'activité, y compris le retour à charge vide et la marche au ralenti
Véhic. de transp. asph. liquide	litres			
Véhicule de transp. agrégats	litres			
Véhicule de transp. asph. chaud	litres			
Asphalte broyé de la route existante	litres			
Transport du personnel				
En direction ef en provenance du site :				
Diesel	litres			
Essence	litres			

Nota : Pour estimer la consommation de carburant attribuable au transport des travailleurs et des chefs d'équipe, déterminer la consommation moyenne quotidienne de carburant des véhicules utilisés et estimer le nombre de jours qu'il faudrait pour terminer chaque kilomètre de voie de route.

Le nombre de travailleurs du site comprend le personnel affecté aux installations mobiles de préparation d'asphalte.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE ATTRIBUABLE À L'UTILISATION DE LA MACHINERIE LOURDE – PAGE 4 DE 4

Utilisation de la machinerie lourde	Unités	Route de catégorie 1 Route secondaire	Route de catégorie 2 Artère urbaine	Route de cat. 1	Route de cat. 2
		Exigences par kilomètre de voie		par km de voie	
Scarificateur-broyeur	heures	pour extraire 363 t	pour extraire 726 t		
Camion de pulv. d'enduit liant	heures	un km de voie	deux km de voie		
Machine de ramassage mobile	heures	ramasser et transf. 454 t	ramasser et transf. 908 t		
Véhicule de transfert des matériaux	heures	transférer 454 t	transférer 908 t		
Asphalteuse	heures	appliquer 454 t	appliquer 908 t		
Rouleau d'acier	heures	roul. 50 mm sur 1 km de voie	roul. 2 x 50 mm (km de voie)		
Rouleau à pneumatique	heures	roul. 50 mm sur 1 km de voie	roul. 50 mm sur 1 km de voie		
Camions de flotte	heures	temps de transport (h)	temps de transport (h)		
Autre (préciser)	heures				

Nota : Dans le tableau ci-dessus, on vous demande d'estimer le nombre d'heures requis par la machine de scarification et de broyage pour extraire 363 tonnes d'asphalte de la route de catégorie 1 (ou 726 tonnes de la route de catégorie 2) et d'indiquer votre estimation dans la colonne en jaune pour chaque type de route.

Consommation de carburant

Scarificateur-broyeur	L/h
Camion de pulv. d'enduit liant	L/h
Machine de ramassage mobile	L/h
Véhicule de transf. des matériaux	L/h
Asphalteuse	L/h
Rouleau d'acier	L/h
Rouleau à pneumatique	L/h
Camions de flotte	L/h
Autre (préciser)	L/h

NOTES Veuillez inscrire des commentaires si votre pratique diffère des processus décrits ci-dessus.